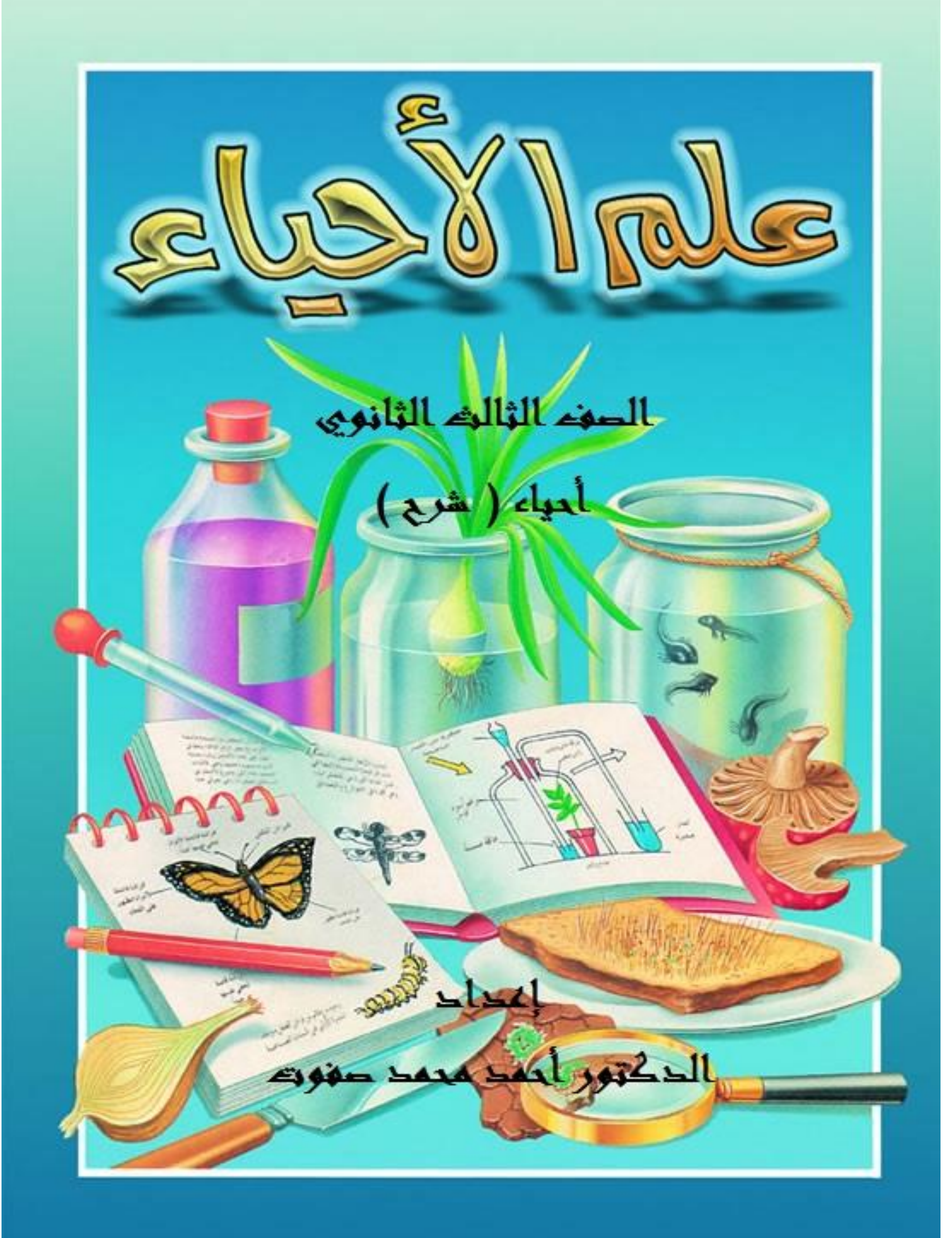

علم الأحياء
الصف الثالث الثانوي
أحياء (شرح)
إعداد
الدكتور أحمد محمد صفوت

أحياء

الصف الثالث الثانوي

الباب الثاني :

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول :

الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

الفصل الثاني :

الأحماض النووية وتخليق البروتين

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

البيولوجية الجزيئية

فصل (1) : الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

(1) جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحي

(2) الحمض النووي DNA

(3) الـ DNA في أوليات وحقيقيات النواة

(4) تركيب المحتوى الجيني

(5) الطفرات

فصل (2) : الأحماض النووية وتخليق البروتين

(1) الـ RNA وتخليق البروتين

(2) التكنولوجيا الجزيئية " الهندسة الوراثية "

أحياء

الصف الثالث الثانوي

الباب الثاني :

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول :

الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

فصل (1) : الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

مقدمة

** **بعض الأسئلة الأساسية عن الحياة** :

1. ما الذي يدفع البيضة الملقحة المفردة إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلاً مميزاً لكل فرد ؟!
2. ما الذي يجعل كل فرد متميزاً عن غيره من البشر (**على الرغم من أن هناك تشابهاً عاماً بين أفراد الجنس البشري**) ؟!

** والإجابة على مثل هذه الأسئلة توجد في **المعلومات الوراثية** ، التي تحتوي على **وحدات تتحكم في الصفات الموروثة** ، يُطلق عليها اسم **الجينات**.

** **وجد علماء البيولوجي ما يلي** :

(1) **نواة الخلية هى المسئولة عن إنتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء** ، لأنها تحتوي على وحدات المعلومات الوراثية التي يُطلق عليها اسم **الجينات** التي تُحمل بدورها على الصبغيات (**الكروموسومات**).

(2) **تنفصل الصبغيات أثناء إنقسام الخلية إلى مجموعتين متماثلتين** بحيث يصبح لكل خلية ناشئة عن الإنقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية ، وهذا دليل على أن الصبغيات هى التي تحمل المعلومات الوراثية.

(3) **لكن يدخل في تركيب الصبغيات** مركبان رئيسيان ، **هما** (DNA والبروتينات) ، **فأي منها يحمل المعلومات الوراثية ؟!**

** **اعتقد العلماء فى بداية الأمر أن البروتينات هى المادة الوراثية وليس DNA ، وذلك للأسباب الآتية** :

1. **أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة التي يدخل في تركيبها 20 حمضاً أمينياً مختلفاً**.
2. تتجمع أو ترتبط هذه **الأحماض الأمينية** مع بعضها بطرق متباينة **لتعطي عدداً لاحصر له** من المركبات البروتينية المختلفة.
3. بينما **يدخل في تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط**.

** لكن في **الأربعينيات من القرن الماضي** ظهر **خطأ هذا الإعتقاد** ، حيث اتضح أن **DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية**.

** دفع هذا الإكتشاف المذهل (**إكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية**) العلماء في ذلك الوقت إلى **القيام بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة** ، والذي يطلق عليه عادة اسم (**البيولوجيا الجزيئية**) ، وهو أحد المجالات الحديثة في العلم والذي يتقدم بسرعة كبيرة جداً.

البيولوجيا الجزيئية :

- هى أحد مجالات العلم الحديث الذي يهتم بدراسة **الأساس الجزيئي للوراثة** ، وهو يتقدم بسرعة كبيرة جداً.

الجينات :

- هى وحدات المعلومات الوراثية التي تتحكم في الصفات الموروثة.

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

(1) **التحول البكتيري**.

(2) **لاقمات البكتيريا (البكتيريوفاج)**.

(3) **كمية DNA في الخلايا**.

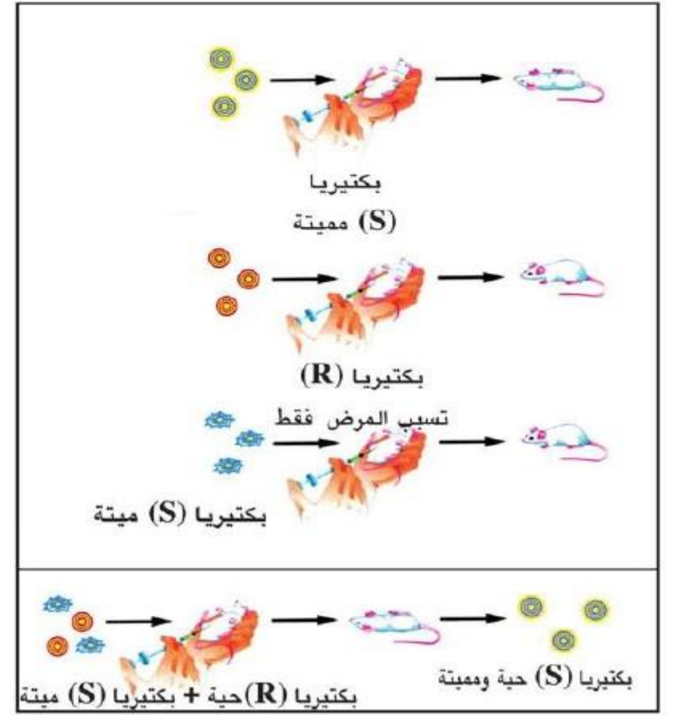
(1) التحول البكتيري

1) **التعريف** : **تحول سلالة البكتيريا R غير المميتة إلى سلالة البكتيريا S المميتة ، نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها.**

2) **تجارب عملية** : (تجربة جريفث – تجربة إفري وزملائه – التجربة الحاسمة).

(1) تجربة جريفث :

** ظهر أول دليل يثير الشك حول إعتبار أن **الجينات تتكون من البروتين (البروتينات هى المادة الوراثية)** عام 1928 م ، حين كان العالم البريطاني **جريفث** يدرس البكتريا المسببة لمرض الإلتهاب الرئوي.



شكل (١) تجربة جريفث

** **الخطوات والمشاهدة** :

1. أجري **جريفث** تجاربه على **الفئران** ، مستخدماً **نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للإلتهاب الرئوي** ، **هما** :

أ) **سلالة مميتة S** : تؤدي إلى **موت الفئران** بسبب **الإلتهاب الرئوي الحاد**.

ب) **سلالة غير مميتة R** : تؤدي إلى **إصابة الفئران بالإلتهاب الرئوي ، ولا تسبب موتها**.

2. قام جريفث بحقن مجموعة من الفئران بـ (**بكتيريا S**) " **حية** " ، فماتت ، ثم قام بحقن مجموعة أخرى من الفئران بـ (**بكتيريا R**) ، فلم تمت.

3. ثم قام بعد ذلك بحقن مجموعة من الفئران بـ (**بكتيريا S**) (**بعد قتلها بالحرارة**) ، فلم تمت الفئران.

4. وعندما قام بحقن مجموعة آخرى من الفئران بـ (**بكتيريا S الميتة مع بكتيريا R الحية**) ، لاحظ جريفث موت بعض الفئران. وعند فحص الفئران الميتة ، وجد بها **بكتيريا S حية**.

** **الإستنتاج** :

1. استنتج جريفث أن **المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا S قد انتقلت إلى داخل البكتيريا R** ، وحولتها إلى **بكتيريا مميتة من النوع S**.

2. أطلق على هذه الظاهرة اسم (**التحول البكتيري**) ، ولم يفسر لنا كيفية إنتقال المادة الوراثية.

(2) تجربة إفري وزملائه :

** **الخطوات** :

1. تمكن إفري وزملاؤه من عزل **مادة التحول البكتيري** التي تسببت في تحول البكتيريا غير المميتة إلى سلالة البكتيريا S المميتة.

2. قاموا بتحليل هذه المادة (**مادة التحول البكتيري**).

** **المشاهدة** : أن مادة التحول البكتيري تتكون من DNA.

** **الإستنتاج والتفسير** :

1- إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة آخرى (**وهذه الطريقة مازالت غير معروفة حتى الآن**) ، واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التي أتي منها DNA.

2- والأهم من ذلك أن **التحول البكتيري** للبكتيريا المستقبلية قد **انتقل إلى الأبناء**.

** **إعتراض** :

وقد أثير إعتراض في أول الأمر على أن DNA هو المادة الوراثية ، وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذي سبب هذا التحول **لم يكن على قدر كاف من النقاوة** ، حيث كانت به **كمية من البروتين** يُحتمل أن تكون هى التي سببت هذا التحول !!

(3) التجربة الحاسمة :

** **الأساس العلمى للتجربة** :

أجريت هذه التجربة عندما تم اكتشاف إنزيم (**دي أوكسي ريبونيوكليز**) ، الذي **له القدرة على تحليل جزئ DNA تحليلاً كاملاً** ، وفي نفس الوقت **لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA**.

** **الخطوات** :

1. تم معاملة **المادة النشطة المتنقلة** المسئولة عن التحول البكتيري (والتي تتكون من DNA + جزء من البروتين) بإنزيم الـ (**دي أوكسي ريبونيوكليز**).

2. تم نقل هذه المادة بعد ذلك إلى البكتيريا R غير المميتة.

** **المشاهدة** : لم تتحول البكتيريا R غير المميتة إلى البكتيريا S المميتة.

** **التفسير** : توقف عملية التحول البكتيري حدث نتيجة غياب مادة DNA التي تحللت بواسطة إنزيم الـ (**دي أوكسي ريبونيوكليز**).

** **الإستنتاج** : DNA هو المادة الوراثية ، وليس البروتين.

(2) لاقمات البكتيريا (البكتيريوفاج)

(1) تعتبر لاقمات البكتيريا أو البكتيريوفاج هى **الدليل الثاني** على أن DNA هو المادة الوراثية ، وقد تثنى ذلك من الدراسات التي أجريت على لاقمات البكتيريا أو الفاج.

(2) **تعريف الفاج أو البكتيريوفاج** :

عبارة عن **فيروس يهاجم فقط البكتيريا ويتكاثر بداخلها** ، لذا يُطلق عليه البكتيريوفاج أو الفاج (أما باقي الفيروسات فتهاجم جميع خلايا الكائنات الحية على حسب تخصصها ... والبعض يعتبر البكتيريوفاج نوع خاص بين الفيروسات والبكتيريا).

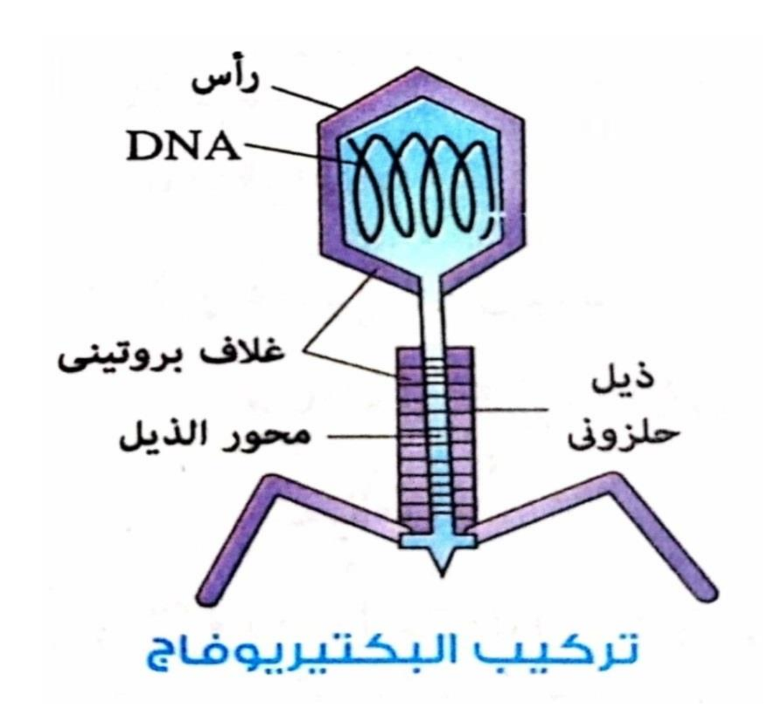
(3) **تركيب الفاج أو البكتيريوفاج** :

يتركب من DNA يحيط به غلاف بروتيني يمتد ليُكون ما يشبه الذيل.

(4) **كيفية تكاثر البكتيريوفاج** :

1. يهاجم الفاج الخلية البكتيرية ، فيتصل بها عن طريق الذيل.
2. تنفذ المادة الوراثية للفاج إلى داخل الخلية البكتيرية ويتضاعف أعدادها.
3. تنفجر الخلية البكتيرية بعد حوالي 32 دقيقة ، ويخرج منها حوالي 100 فاج جديد مكتمل التكوين.

** يتضح من تكاثر البكتيريوفاج أن مادة ما أو مجموعة من المواد قد إنتقلت من الفاج إلى الخلية البكتيرية تحتوي على المعلومات الوراثية (الجينات) للفاج.



تركيب البكتيريوفاج

المادة الوراثية للفاج

الغلاف البروتينى للفاج

(١) مهاجمة الفاج للخلية البكتيرية

DNA البكتيرى

(٢) بعد ٤ دقائق من المهاجمة

الغلاف البروتينى الفارغ للفاج

(٣) بعد ١٥دقيقة

(٤) بعد ٢٠ دقيقة

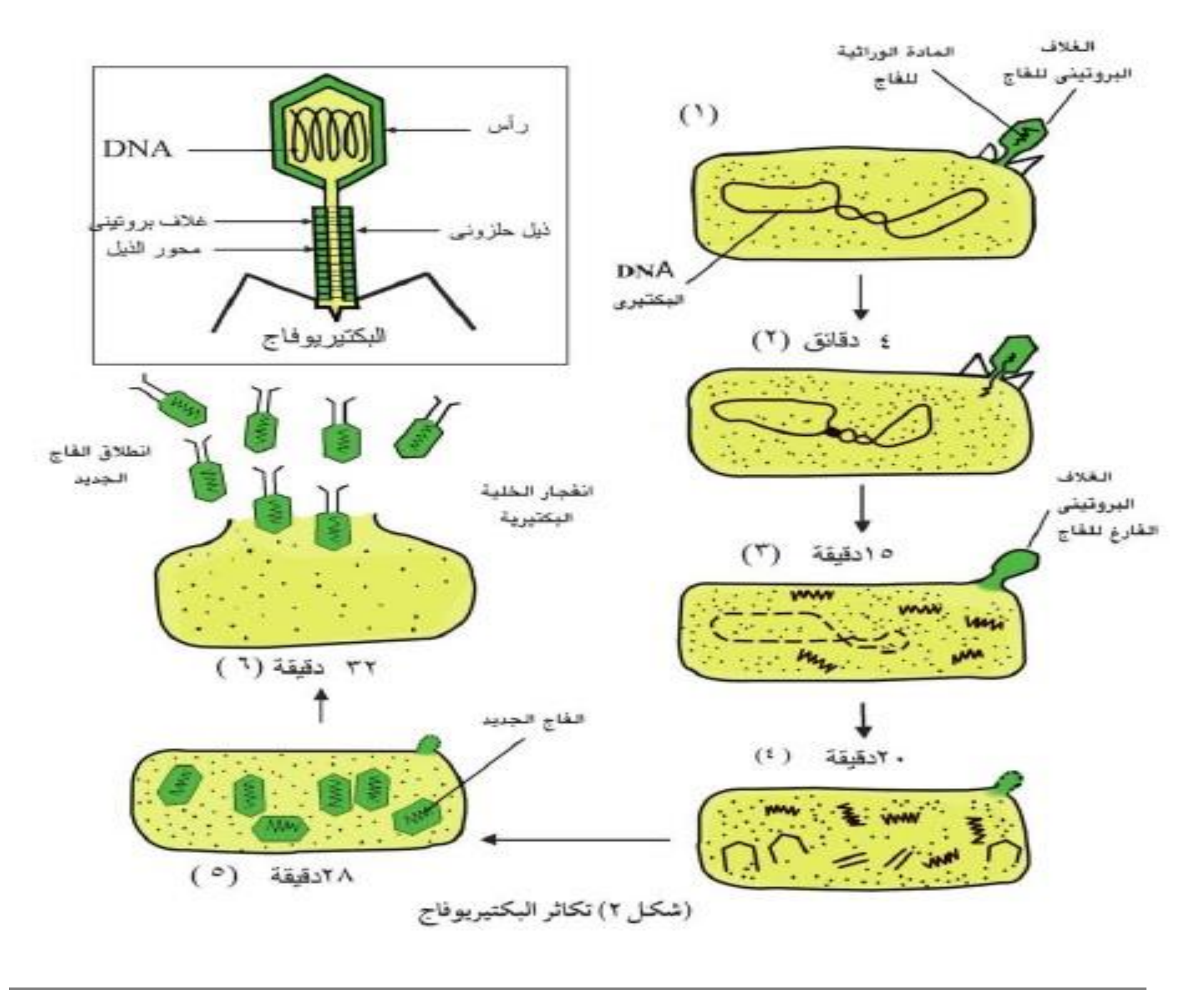
(٥) بعد ٢٨ دقيقة

الفاج الجديد

(٦) بعد٣٢ دقيقة

انفجار الخلية البكتيرية وانطلاق الفاج الجديد

تكاثر البكتيريوفاج



(شكل ٢) تكاثر البكتيريوفاج

تجربة هيرشي وتشيس

** **الأساس العلمي للتجربة** :

1. أن DNA يدخل في تركيبه **الفوسفور** الذي لا يدخل عادة في بناء البروتين.
2. أن البروتين قد يدخل في تركيبه **الكبريت** الذي لا يدخل في تركيب DNA.

** **الخطوات** :

1. قاما بترقيم DNA الفيروسي (الخاص بالبكتيريوفاج) بالفوسفور المشع ، وأيضاً ترقيم البروتين الفيروسي بالكبريت المشع.
2. ثم سمحا لهذا الفيروس (الفاج) بمهاجمة البكتيريا.
3. قاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع داخل وخارج الخلايا البكتيرية.

** **المشاهدة** :

1. كل الفوسفور المشع تقريباً قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية ، دليل على وصول كل DNA الفيروسي تقريباً.
2. أقل من 3 % فقط من الكبريت المشع قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية ، دليل على عدم وصول أغلب البروتين الفيروسي.

** **الإستنتاج** :

1. أن DNA الفيروسي يدخل الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.
2. أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

ملاحظات

(1) **نستنتج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الفاج أن الجينات** – على الأقل – الخاصة بالبكتيريا المسببة لمرض الإلتهاب الرئوي وفيروسات الفاج **تتكون من DNA**.

(2) **نلاحظ** أن هذه الإستنتاجات قد اقتصرت على الكائنات الحية التي أجريت عليها هذه التجارب.

السؤال الذي يطرح نفسه :

**** هل كل الجينات (المادة الوراثية) عبارة عن DNA ؟! أو بمعنى آخر (هل DNA هو المادة الوراثية لجميع الكائنات الحية ؟!)**

** الإجابة **بالنفي**.

** **السبب** :

- ✓ لأن هناك بعض الفيروسات لا يدخل DNA في تركيبها ، بل ثبت أن **RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات**.
- ✓ إلا أن هذه الفيروسات تشذ عن القاعدة ، حيث أنها **تُكون جزءاً صغيراً** من صور الحياة.
- ✓ **لكن** تأكد من الدراسات العديدة التي أجريت حتى الآن **أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريباً**.

(3) كمية DNA في الخلايا

**** هناك دليل مادي آخر على أن DNA هو المادة الوراثية في حقيقيات النواة :**

(1) **عند قياس كمية DNA** في انواع مختلفة من **الخلايا الجسدية** لكائن معين (مثل الدجاج) نجد أنها **متساوية** ، بينما عند **قياس كمية البروتين** في نفس الخلايا نجد أنها **غير متساوية**.

(2) **عند مقارنة كمية DNA في الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج)** لنفس الكائن الحي ، **نجد أن** :

- كمية DNA في **الخلايا الجنسية** (الأمشاج) **تُعادل نصف** كمية DNA الموجودة في **الخلايا الجسدية**.
- **الفرد الجديد** ينشأ عن **اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث** ، لذا يجب أن **يحتوي كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية الموجودة في الخلية الجسدية** ، وإلا ستتضاعف في كل جيل.
- بينما **لا يتفق هذا مع البروتين** ، **مما ينفي أن البروتين يعمل كمادة وراثية**.

(3) **ومن جهة أخرى** : **فإن البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها بإستمرار داخل الخلايا** ، بينما يكون DNA **ثابتاً** بشكل واضح في الخلايا (**لا يتحلل**).

الحمض النووي DNA

(أ) تركيب DNA

(1) **<u>وحدة بناء الحمض النووي</u>** : النيوكليوتيدة هى وحدة بناء الحمض النووي ، حيث يتركب شريط DNA من **نيوكليوتيدات**.

(2) **<u>تركيب النيوكليوتيدة</u>** :



✓ **<u>كل نيوكليوتيدة تتكون من ثلاثة مكونات هي</u>** :

1. **سكر خماسي الكربون** (ديوكسي ريبوز).
2. **مجموعة فوسفات** : مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم 5 في السكر الخماسي.
3. **قاعدة نيتروجينية** : ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم 1 في السكر الخماسي.

(3) **<u>القواعد النيتروجينية داخل شريط DNA</u>** :

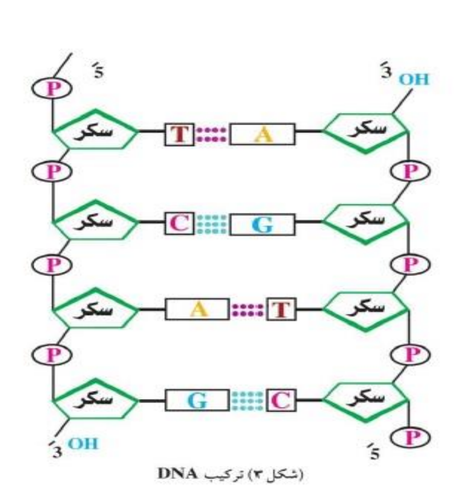
** **يحتوي شريط DNA على أربعة قواعد نيتروجينية قد تكون إحدي مشتقات** :

(ب) **البيورينات** (**Purine**)	(أ) **البيريميدينات** (Pyrimidine)
ذات حلقتين. مثل الأدينين A – الجوانين G.	ذات حلقة واحدة. مثل الثايمين T – السيتوزين C.

(4) **<u>ارتباط النيوكليوتيدات</u>** :

عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها في شريط DNA ، <u>نلاحظ ما يلي</u> :

1. فإن **مجموعة الفوسفات** المتصلة بذرة الكربون رقم 5 في سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم 3 في سكر النيوكليوتيدة التالية.
2. الشريط الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه **هيكل سكر فوسفات** ، وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به **مجموعة فوسفات طليقة** مرتبطة بذرة الكربون رقم 5 في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته **ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة** مرتبطة بذرة الكربون رقم 3 في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى.



(شكل ٣) تركيب DNA

3. **أما قواعد البيورين والبيريميدين** ، فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

(5) **<u>عدد القواعد النيتروجينية</u>** (نسبة أعداد النيوكليوتيدات) :

1. **يتساوى عدد القواعد النيتروجينية البيريميدينية والبيورينية في جزئ DNA.**

2. <u>**حيث أن**</u>

- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على **الأدينين مساوية** لتلك التي تحتوي على **الثايمين** (A = T).
- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على **الجوانين مساوية** لتلك التي تحتوي على **السيتوزين** (G = C).

الدليل المباشر على تركيب DNA (دراسات فرانكلين)

(1) **لقد جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من الدراسات التي قامت بها فرانكلين** ، <u>**حيث**</u> استخدمت **تقنية حيود أشعة X** في **الحصول** على **صور لبللورات من DNA عالي النقاوة** :

1. قامت **بإمرار أشعة X** خلال **بللورات من جزيئات DNA ذات تركيب منتظم**.

2. نشأ عن ذلك **تشتت لأشعة X** ، **وظهور طراز من توزيع نقط** أعطى تحليلها **معلومات عن شكل جزئ DNA**.

(2) **<u>نتائج دراسات فرانكلين عن تركيب جزئ DNA</u>** :

❖ **نشرت فرانكلين عام 1952 م صوراً لبللورات من DNA عالي النقاوة <u>أوضحت فيها أن</u>** :

استخدام أشعة X لمعرفة شكل جزئ DNA
" للاطلاع فقط "

1. **جزئ DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب** بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط.

2. **هيكل سكر فوسفات** يوجد في **الجهة الخارجية** من اللولب ، بينما **القواعد النيتروجينية** توجد **جهة الداخل**.

3. **قطر اللولب** يدل على أن DNA **يتكون من أكثر من شريط**.

(3) بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA ، قام العالمان الإنجليزيان **واطسون وكريك** بوضع **أول نموذج مقبول لتركيب DNA**.

نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA

(1) **يتركب نموذج واطسون وكريك** من **شريطين يرتبطان معاً كالسلم** ، حيث **يُمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبي السلم** ، بينما **تُمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم**.

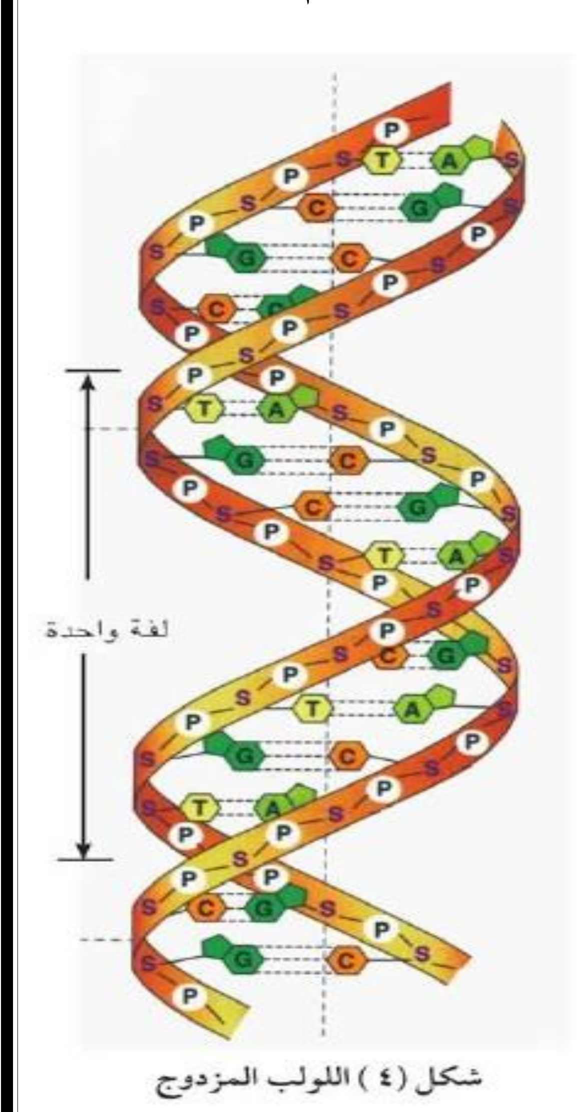
(2) **يتكون الدرج** إما من **الأدينين** مرتبطاً مع **الثايمين** (A = T) ، أو **من الجوانين** مرتبطاً مع **السيتوزين** (G = C). وفي كل درج قد توجد أي من القواعد الأربع على أي من الشريطين.

(3) **ترتبط أزواج القواعد النيتروجينية في كل درج بروابط هيدروجينية :**

1. حيث توجد **رابطتان** بين الأدينين والثايمين.
2. بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين **بثلاث روابط هيدروجينية**.

(4) **عرض درجات السلم** يكون **متساوياً** ، **ويكون شريطا DNA** على **نفس المسافة** من بعضهما البعض على إمتداد جزئ DNA (لأن كل زوج من القواعد النيتروجينية المرتبطة ببعضها يحتوي على **قاعدة ذات حلقة واحدة وأخرى ذات حلقتين**).

(5) رأى واطسون وكريك أن **شريطي جزئ DNA** يكون **أحدهما في وضع معاكس للآخر** ، **لكي تتكون الروابط الهيدروجينية** بشكل **سليم** بين زوجي **القواعد النيتروجينية**) بمعنى أن **مجموعة الفوسفات الطرفية** المتصلة بذرة الكربون رقم 5 في السكر الخماسي في شريطي DNA تكون عند الطرفين المعاكسين).



شكل (٤) اللولب المزدوج

(6) **وأخيراً** فإن **سلم DNA ككل يلتف ليتكون لولب أو حلزون** (بحيث يوجد عشرة نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد) ، **وحيث أن اللولب أو الحلزون يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض** ، **فإن جزئ DNA يطلق عليه اللولب المزدوج**.

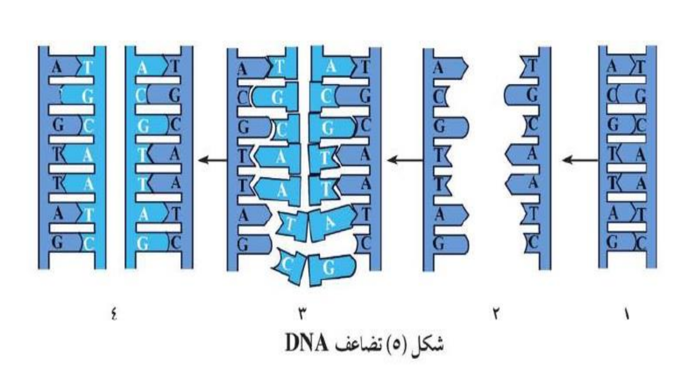
** **عدد النيوكليوتيدات** في جزئ DNA :

- ✓ **اللفة الواحدة في الشريط الواحد** = **10** نيوكليوتيدة.
- ✓ **اللفة الواحدة في كلا الشريطين** = **20** نيوكليوتيدة.

** يحتوي جزئ DNA على **نوعين** من الروابط (روابط **تساهمية** & **هيدروجينية**).

(ب) تضاعف DNA

(1) **قبل أن تبدأ الخلية في الإنقسام ،** **تتضاعف كمية DNA بها** حتى تستقبل كل خلية جديدة **نسخة طبق الأصل** من المعلومات الوراثية الخاصة **بالخلية الأم**.



شكل (٥) تضاعف DNA

(2) أشار كل من **واطسون وكريك** إلى أن **تركيب الشريط المزدوج ذي القواعد المتزاوجة** لجزئ DNA يحتوي على **وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة**.

(3) **التفسير** : أن الشريطين يحتويان على **قواعد متكاملة ،** لذا فإن تتابع النيوكليوتيدات في كل شريط يوفر **المعلومات اللازمة** لإنتاج الشريط المقابل.

مثال : **إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من الشريط هو**

('5.... A – A – T – C – C - .... '3) ، **فإن** :

قطعة الشريط التي تتكامل معها يكون ترتيب قواعدها النيتروجينية **ما يلي** :

('3...... T – T – A – G – G - ....'5).

(4) **النتيجة** : فإذا ما تم **فصل شريطي DNA** عن بعضهما البعض ، فإن **أيا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه**. ولقد قام العلماء بإجراء العديد من التجارب للتأكد من ذلك.

دور الإنزيمات في تضاعف DNA

** يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية.

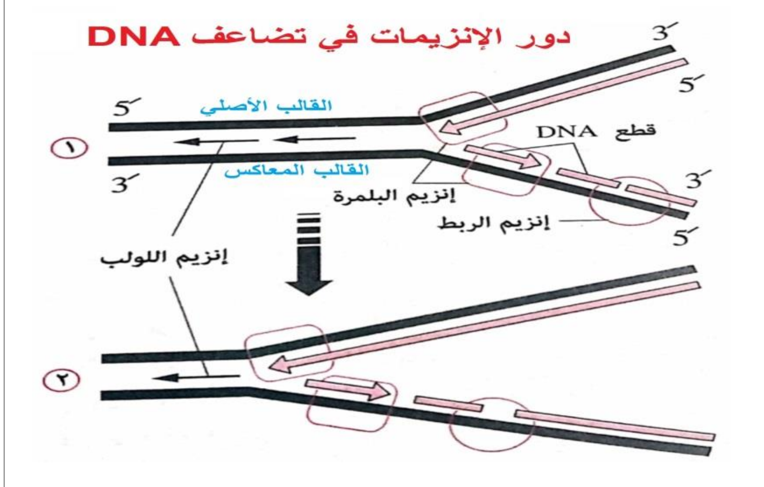
** **خطوات نسخ أو تضاعف الـ DNA** :

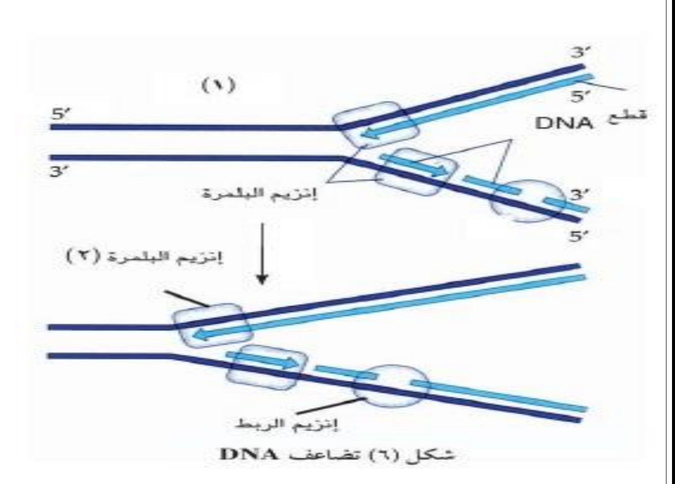
(1) ينفك إلتفاف اللولب المزدوج.

(2) **إنزيمات اللولب** : **تقوم إنزيمات اللولب بالتحرك على إمتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما البعض** عن طريق **كسر الروابط الهيدروجينية** الموجودة بين القواعد المتزاوجة في الشريطين وابعادهما عن بعضهما البعض ، لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة.

(3) **إنزيمات البلمرة** ، **تقوم ببناء أشرطة DNA جديدة كالتالي** :

(ب) **في حالة الشريط (5' 3') الأصلي المعاكس**	(أ) **في حالة الشريط (3' 5') الأصلي القالب**
1- تقوم **إنزيمات البلمرة** **ببناء قطع صغيرة** من شريط DNA الجديد في اتجاه (5' 3'). 2- بعد ذلك تقوم **إنزيمات الربط** (**DNA - Ligases**) **بربط هذه القطع الصغيرة** مع بعضها البعض ، **لأن إنزيم البلمرة لا يعمل في اتجاه** (**3' 5'**).	1- تقوم **إنزيمات البلمرة** بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة بعد الأخرى من البداية (5') إلى النهاية (3') لشريط DNA **الجديد**. 2- ويتم ذلك بعد أن **تتزاوج القاعدة النيتروجينية** في النيوكليوتيدة **الجديدة** مع **القاعدة النيتروجينية** الموجودة على شريط **القالب**.





شكل (٦) تضاعف DNA

** **ملاحظة** : **يعمل إنزيم البلمرة في اتجاه واحد فقط** ، وهو من الطرف (5') إلى الطرف (3') لذا **فإنه** :

1. يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط القالب (3' 5').
2. لا يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط المعاكس (5' 3') إلا بمساعدة **إنزيمات الربط**.

(4) **تضاعف DNA في أوليات & حقيقيات النواة**

تضاعف DNA في أوليات النواة	**تضاعف DNA في حقيقيات النواة**
* يوجد DNA على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع بعض. * يتصل هذا الجزئ بالغشاء البلازمي للخلية عند **نقطة واحدة** يبدأ عندها **نسخ** جزئ DNA.	* ينتظم DNA في صورة صبغيات (كروموسومات). * يحتوي كل صبغي (كروموسوم) على جزئ واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر. * يبدأ نسخ DNA عند **أي نقطة** على امتداد الجزئ.

(ج) إصلاح عيوب DNA

(1) كل المركبات البيولوجية التي توجد على شكل **بوليمرات** (مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين والأحماض النووية) **معرضة للتلف** من حرارة الجسم ومن البيئة المائية في داخل الخلية ، ولا يشذ DNA عن ذلك ، **حيث** :

- يفقد DNA الموجود في الخلية البشرية كل يوم ما يقدر بحوالي 5000 **قاعدة بيورينية** (أدينين وجوانين) ، وذلك لأن **الحرارة** تعمل على كسر الروابط **التساهمية** التي تربط **السكريات الخماسية**.

(2) يمكن أن يتلف DNA بالعديد من **المركبات الكيميائية والإشعاع**.

(3) أي تلف في جزئ DNA يمكن أن **يُحدث تغيُراً في المعلومات الموجودة به** ، مما قد **ينتج عنه تغيرات خطيرة في بروتينات الخلية**.

** **أسباب تلف DNA** :

1. **حرارة الجسم** التي تعمل على كسر الروابط التساهمية التي تربط السكريات الخماسية.
2. **البيئة المائية** داخل الخلية.
3. **المركبات الكيميائية**.
4. **الإشعاع**.

(4) **كيفية إصلاح عيوب DNA** :

1. على الرغم أن **هناك آلاف التغيرات** التي تحدث لجزئ DNA كل يوم **إلا** أنه لا يستمر منها في DNA الخلية إلا **تغيران أو ثلاثة** ، تكون لها صفة الدوام.
2. أما **الغالبية العظمى من التغيرات** فيتم إزالتها بكفاءة عالية نتيجة لنشاط **مجموعة من 20 إنزيم** تعمل على **إصلاح عيوب DNA** ، يطلق عليها **إنزيمات الربط** التي تعمل في تناغم لتعرف **المنطقة التالفة** من جزئ DNA **وتقوم بإصلاحها** ، حيث تستبدلها بنيوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل في الجزء التالف (ومن هنا نجد أن **إنزيمات الربط** تلعب دوراً هاماً في **الثبات الوراثي للكائنات الحية**).
3. يعتمد إصلاح عيوب DNA على **وجود نسختين من المعلومات الوراثية** ، **واحدة على كل شريط من اللولب المزدوج**.
4. وطالما ظل **أحد هذين الشريطين دون تلف** ، تستطيع **تلك الإنزيمات** أن تستخدمه **كقالب لإصلاح التلف** الموجود على **الشريط المقابل**.
5. **وبالتالي فإن كل تلف يمكن إصلاحه** ، **إلا إذا حدث في كلا الشريطين في نفس الموقع وفي ذات الوقت**.

(5) **صعوبة إصلاح عيوب RNA** :

* **المادة الوراثية لبعض الفيروسات** توجد على صورة **شريط مفرد** من RNA.

* لذا يظهر بها **معدل مرتفع من التغيرات الوراثية " الطفرات "** التي تنشأ عن تلف في شريط RNA .. **لذا نجد صعوبة بالغة في إصلاح عيوب RNA.**

* **وعلى ذلك فاللولب المزدوج يعتبر حيوياً للثبات الوراثي للكائنات الحية التي يوجد بها.**

** **مما سبق نستنتج أن** :

(1) **اللولب المزدوج لـ DNA** يعتبر حيوياً للثبات الوراثي للكائنات الحية التي يوجد بها.

(2) **الحالات التي لا يمكن فيها إصلاح التلف في المادة الوراثية** :

1. حدوث التلف في كلا شريطي DNA في نفس الموقع ونفس الوقت.
2. الفيروسات التي تتكون مادتها الوراثية من شريط مفرد من RNA.

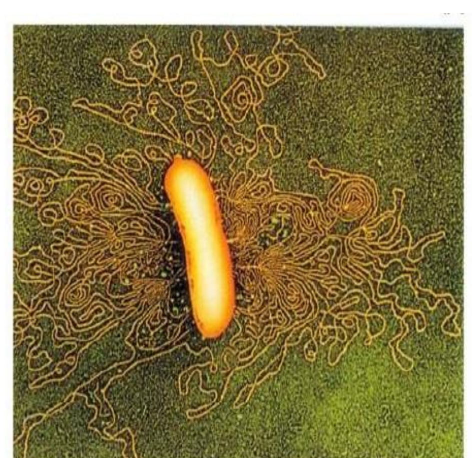
(3) تلعب **إنزيمات الربط** دوراً هاماً في الثبات الوراثي للكائنات الحية.

الـ DNA في أوليات النواة

(1) **أوليات النواة** : هى كائنات حية لا تُحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووي ، بل توجد **حرة** في السيتوبلازم ، مثل : **البكتيريا**.

(2) **الـ DNA في بكتريا إيشيريشيا كولاي (E.coli) كمثال على أوليات النواة** :

1. يوجد DNA على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معاً.
2. يصل طول DNA (بعد فرده إن أمكن) إلى 1.4 مم ، بينما يصل طول الخلية البكترية نفسها إلى حوالي 2 ميكرون.
3. يلتف جزئ الـ DNA الدائري حول نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالي 0.1 من حجم الخلية.
4. يتصل DNA بالغشاء البلازمي للخلية في موقع أو أكثر.



شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكتروني في أوليات النواة

(3) تحتوي بعض الخلايا البكتيرية على واحدة أو أكثر من **البلازميدات**.

الـ DNA في حقيقيات النواة

(1) **حقيقيات النواة** : هى كائنات حية تحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم ، وينتظم DNA بها في صورة صبغيات (**مثل** : **الأوليات والفطريات والنباتات والحيوانات**).

(2) **العدد الصبغي** : تحتوي كل خلية جسدية في جسم الإنسان على 46 كروموسوم (صبغي).

(3) **وقت ظهور الكروموسومات بوضوح** : تتضح الصبغيات في خلايا حقيقيات النواة أثناء إنقسامها (الإنقسام الخلوي خصوصاً الطور الإستوائي).

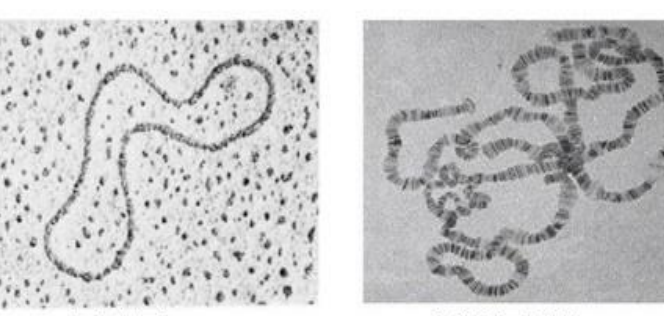
** **ملاحظة** : جزيئات DNA التي توجد في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء في سيتوبلازم حقيقيات النواة ؛ تشبه جزيئات DNA التي توجد في أوليات النواة.

البلازميدات

(1) **التعريف** : جزيئات صغيرة دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها.

(2) **أماكن التواجد** :

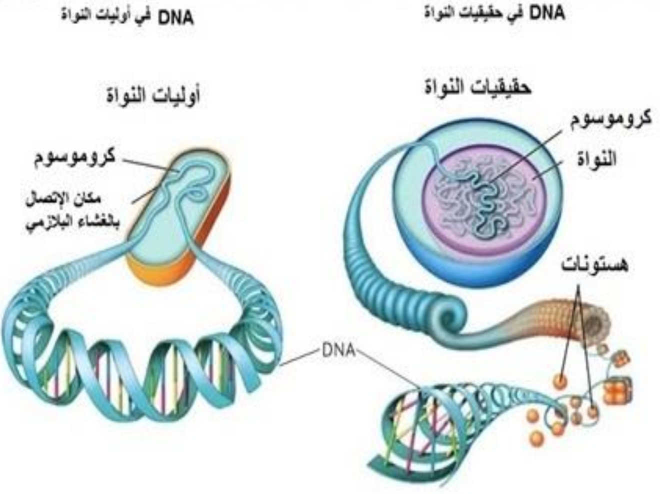
1. **أوليات النواة** : تحتوي بعض الخلايا البكتيرية على واحدة أو أكثر من البلازميدات.
2. **حقيقيات النواة** : ثبت وجود البلازميدات في خلايا فطر الخميرة.



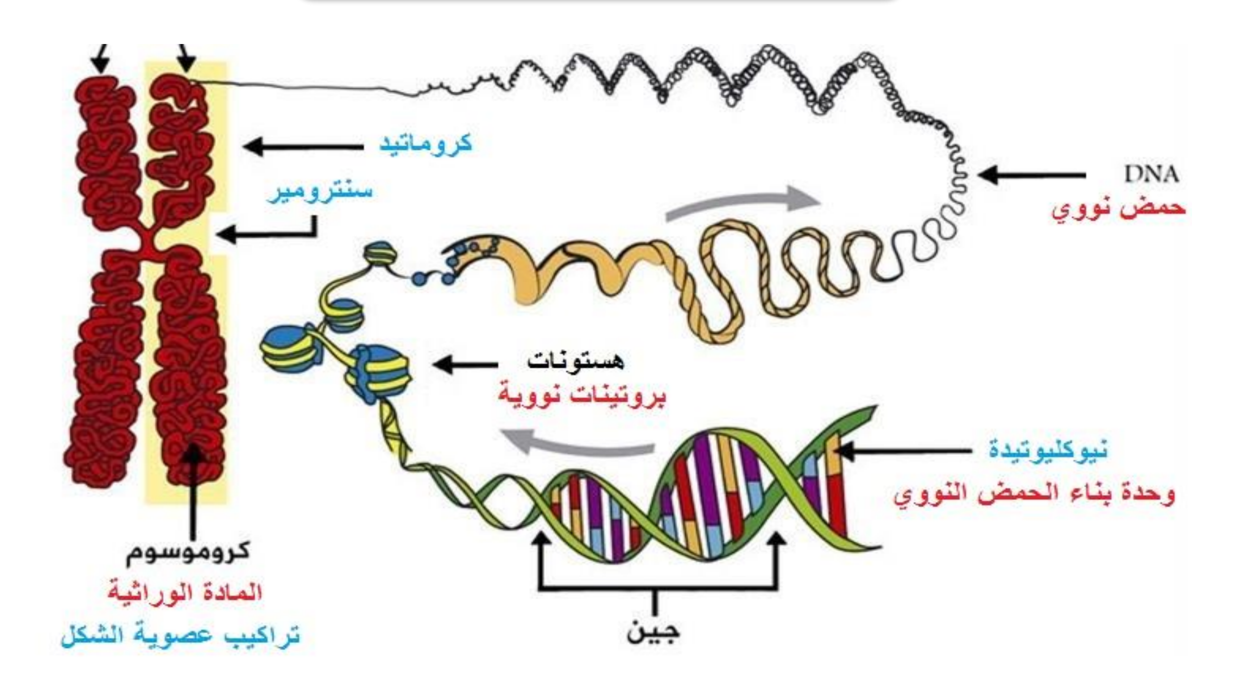
(3) **الأهمية البيولوجية** :

* **تستخدم على نطاق واسع في الهندسة الوراثية** ، **حيث** :

- ✓ **تتضاعف البلازميدات** في نفس الوقت الذي تُضاعف فيه الخلايا البكتيرية لـ DNA الرئيسي بها.
- ✓ يستغل العلماء هذا التضاعف بإدخال **بلازميدات صناعية** إلى داخل **الخلايا البكتيرية** بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات.



تركيب الصبغيات في حقيقيات النواة



** <u>الكروموسوم</u> (<u>الصبغي</u>) :

(1) يدخل في تركيب الكروموسوم (الصبغي) **جزئ واحد من DNA** ، يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر.

(2) يلتف جزئ DNA ، ويُطوى عدة مرات ، ويرتبط بالعديد من البروتينات مكوناً **الكروماتين** الذي يحتوي عادة على **كميات متساوية** من DNA والبروتين.

** <u>الكروماتين</u> : **جزئ واحد من DNA** ، **يلتف ويُطوى عدة مرات** ، **مرتبطاً بالعديد من البروتينات**.

- <u>**خصائص الكروماتين**</u> :

1. نوع من أنواع **البروتينات المرتبطة** (**يتركب من أحماض أمينية + بروتينات أو أحماض نووية**) التي توجد في النواة (**حقيقيات النواة**) على شكل **خيوط دقيقة متشابكة وملتفة حول بعضها.**

2. يتحول الكروماتين أثناء انقسام الخلية إلى **تراكيب عصوية الشكل** تسمى **الكروموسومات (الصبغيات)**.

** **التركيب الدقيق للكروموسومات** (الصبغيات) :

1. يظهر الكروموسوم أكثر وضوحاً في **المرحلة الإستوائية للإنقسام الخلوي** مكوناً من خيطين يتصلان معاً عند جزء مركزي يسمى **السنترومير** ، ويسمى كل خيط منهما **بالكروماتيد**.
2. **يتكون كل كروماتيد** من الحمض النووي DNA **ملتف حول جزيئات من البروتين** تسمى **الهستونات**.
3. **يحمل الحمض النووي DNA المعلومات الوراثية (الجينات).**
4. **تشكل الكروموسومات الشبكة الكروماتينية لنواة الخلية.**
5. **لا يعتبر الكروموسوم في جميع المراحل ثنائي الكروماتيد.**

(3) **أنواع البروتينات التى تدخل فى تركيب الكروموسومات** :

	(أ) بروتينات هستونية	(ب) بروتينات غير هستونية
التعريف	مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة ، توجد في كروماتين أي خلية بكميات ضخمة.	مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية ، توجد في كروماتين الخلية.
التركيب والوظيفة	* تحتوي على قدر كبير من الحمضين الأمينيين القاعديين (**الأرجينين والليسين**). * **تقوم بالوظائف التالية** : 1. **ترتبط البروتينات الهستونية بقوة مع مجموعة الفوسفات السالبة الموجودة في جزئ DNA** : لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينيين (الأرجينين والليسين) تحمل **شحنات موجبة** عن الأس الهيدروجيني (PH) العادي للخلية. 2. **مسئولة عن تقصير جزئ DNA عشر مرات** عن طريق تكوين **حلقات** من **النيوكليوسومات**.	1. **بروتينات تركيبية** : تدخل في بناء تراكيب محددة في جزئ DNA ، وتلعب دوراً رئيسياً في **التنظيم الفراغي** له داخل النواة. 2. **بروتينات تنظيمية** : تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم في بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا.

تكثيف DNA (حقيقيات النواة)

(1) إذا تصورنا أنه يمكن فك اللولب المزدوج لجزئ DNA في كل كروموسوم (صبغي) ، ووضع هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل **طولها** إلى **2 متر**.

(2) لذا **تقوم الهستونات وغيرها من البروتينات** بمسئولية تكثيف (ضم) هذه الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية التي يتراوح **قطرها** من **2 : 3 ميكرون**.

(3) **خطوات تكثيف DNA** :

** أوضح **التحليل البيوكيميائي وصور المجهر الإلكتروني** أن جزئ DNA يتكاثف **كالآتي** :

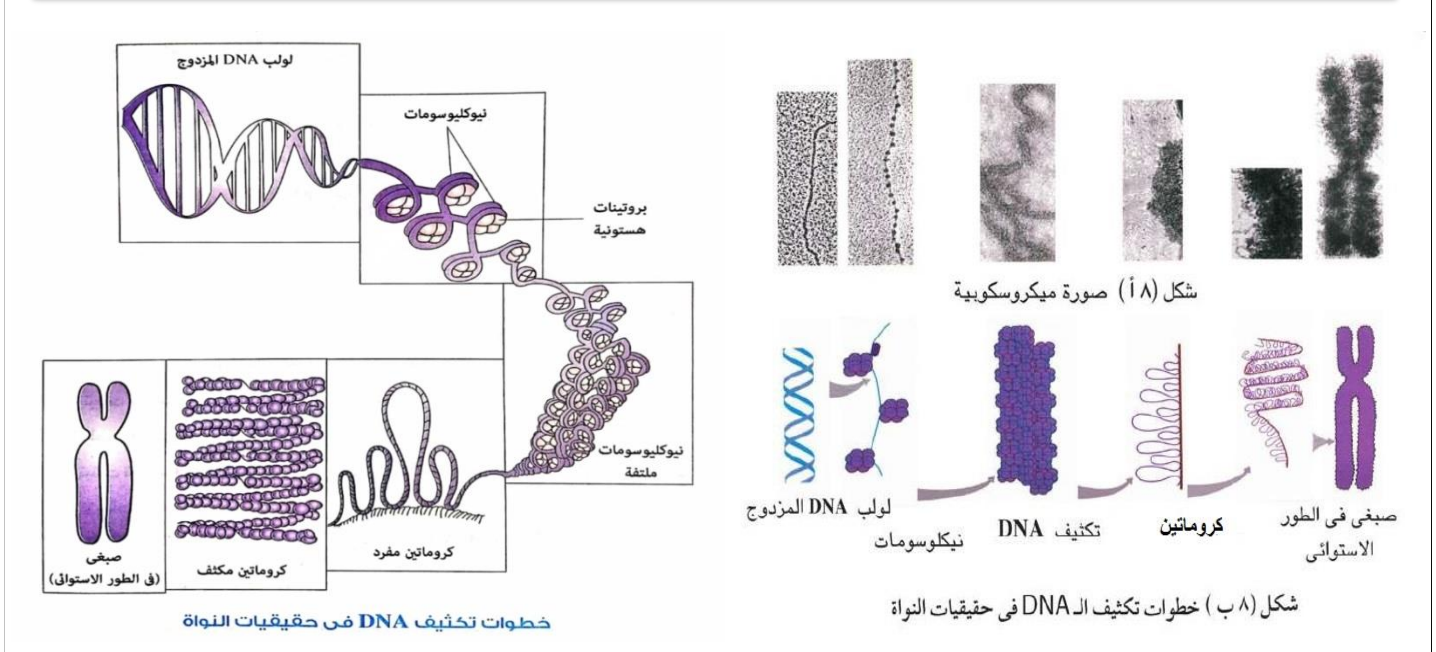
1. يلتف جزئ DNA حول مجموعات من **البروتينات الهستونية** مكوناً حلقات من **النيوكليوسومات** ، مما يؤدي إلى تقصير طول جزئ DNA **عشر مرات** ، ولكن لابد أن يقصر جزئ DNA حوالي **100.000 مرة** حتى تستوعبه النواة.

2. تلتف **حلقات النيوكليوسومات** مرة آخرى لتنضم مع بعضها البعض (لتكوين **أشرطة النيوكليوسومات**) ، ولكن هذا أيضاً **لا يكفي** لتقصير جزئ DNA إلى الطول المطلوب.

3. ترتب **أشرطة النيوكليوسومات** الملتفة بشدة على شكل **حلقة كبيرة** بواسطة **البروتينات التركيبية غير الهستونية** مكونة بذلك **الكروماتين المكثف** (**الملتف والمكدس**).

* **النيوكليوسومات** : **حلقات في الكروموسوم** (الصبغي) **تتكون** من **إلتفاف جزئ DNA** حول **مجموعة من البروتينات الهستونية** ، وذلك لتقصير طول جزئ DNA عشر مرات.

*_عندما يكون **جزئ DNA مكثف في صورة كروماتين لا تصله الإنزيمات الخاصة بتضاعفه** ، ويتعين **فك هذا الإلتفاف** على الأقل إلى **مستوى شريط من النيوكليوسومات** قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA.



خطوات تكثيف DNA فى حقيقيات النواة

شكل (٨ ب) خطوات تكثيف الـ DNA في حقيقيات النواة

مقارنة بين الـ DNA في أوليات النواة وحقيقيات النواة

	DNA في أوليات النواة	DNA في حقيقيات النواة
1. الشكل	لولب مزدوج تلتحم نهاياته معاً ، ويتصل بالغشاء البلازمي عند موقع أو أكثر ، ولا ينتظم في صورة صبغيات.	لولب مزدوج لا تلتحم أطرافه ، وينتظم في صورة صبغيات.
2. التواجد	يوجد في السيتوبلازم (غير محاط بغشاء نووي).	يوجد داخل النواة (محاط بالغشاء النووي).
3. التعقد بالبروتين	غير معقد بالبروتين.	معقد بالبروتينات الهستونية والبروتينات غير الهستونية.
4. التضاعف	يبدأ التضاعف من نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمي.	يبدأ التضاعف من أي نقطة على امتداد الجزئ.
5. البلازميدات	توجد بلازميدات ولا تتعقد بوجود البروتين.	لا توجد بلازميدات إلا في فطر الخميرة فقط.
6. المحتوى الجيني	معظمها مسئول عن بناء RNA والبروتينات.	أقل من 70 % منها مسئول عن بناء RNA والبروتينات ، وباقي الجينات غير معلومة الوظيفة.

تركيب المحتوي الجيني

(1) **المحتوى الجيني للفرد** : هو كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجود في الخلية.

(2) تمكن الباحثون عام 1977 م من التوصل إلى طرق يمكن بها تحديد **تتابعات النيوكليوتيدات في جزيئات DNA & RNA** ، **مما وفر الأدوات لمعرفة الوصف الدقيق لترتيب الجينات داخل جزيئات DNA في الخلية**.

(3) **الأهمية البيولوجية للجينات (المحتوى الجيني)** :

1. العديد من الجينات يحمل التعليمات اللازمة **لبناء مركبات بروتينية**.

2. البعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة **لتتابع النيوكليوتيدات في جزئ RNA الريبوسومي (rRNA)** الذي يدخل في بناء الريبوسومات.

3. البعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة **لتتابع النيوكليوتيدات في جزئ RNA الناقل (tRNA)** الذي يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين.

(4) المحتوى الجيني في أوليات النواة :

- تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجيني.

(5) المحتوى الجيني في حقيقيات النواة :

- أقل من 70 % من الجينات مسئول عن بناء RNA والبروتينات ، وباقي الجينات غير معلومة الوظيفة.

الـ DNA المتكرر

أمثلة لـ DNA المتكرر	(1) كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومي والهستونات التي تحتاجها الخلية بكميات كبيرة.	(2) أظهرت دراسة تتابعات القواعد النيتروجينية في DNA أن هناك العديد من التكرارات في بعض التتابعات ، ومازال الدور الذي تلعبه هذه التكرارات غير واضح. * مثال : نجد في ذبابة الفاكهة مثلاً أن تتابع النيوكليوتيدات القصير التالي A-G-A-A-G يتكرر حوالي 100.000 مرة في منتصف أحد الصبغيات ، وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أي شفرة.
الأهمية البيولوجية	يفترض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يُسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات.	* مازال الدور الذي تلعبه هذه التكرارات غير واضح (حيث وجد أن هذه التتابعات لا تمثل شفرة).

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة

(1) أمثلة	(2) الملاحظات	(3) الأهمية البيولوجية
1. الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات لا تمثل شفرة. 2. كمية كبيرة من DNA في المحتوى الجيني لحقيقيات النواة لا تُمثل شفرة.	** كمية DNA في المحتوى الجيني ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحي (مدى رقي الكائن الحي) أو عدد البروتينات التي يكونها : 1. لأن كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتينات. 2. مثال : حيوان السلمندر لديه أكبر محتوى جيني ، حيث تحتوي خلاياه على كمية من DNA تُعادل 30 مرة قدر الكمية الموجودة في الخلايا البشرية ، مع أن خلايا السلمندر بلاشك تُكون كمية أقل من البروتين.	1. يُفترض أنها تعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها. 2. اتضح أن بعض مناطق DNA تُمثل إشارات إلى الأماكن التي يجب أن يبدأ عندها بناء mRNA ، وهذه المناطق تعتبر هامة في بناء البروتين.

الطفرات

(1) **التعريف** : تغير مفاجئ في طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة في صفات معينة ، مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات في الكائن الحي.

(2) **أسباب الحدوث** :

1. تغير تركيب العامل الوراثي (الجين).
2. التغيير الناتج عن تأثير البيئة.
3. تغير عدد الصبغيات.

** **ملاحظة** : إنعزال الجينات أثناء الإنقسام الميوزي وإعادة إتحادها في عملية العبور (تغير تركيب الصبغيات) لا يعتبر طفرة.

(3) **أنواع الطفرات (التصنيف)** :

1. **تبعاً لتوارثها (حقيقية – غير حقيقية).**
2. **تبعاً لأهمية الطفرة (مرغوب فيها – غير مرغوب فيها).**
3. **تبعاً لنوع الطفرة (جينية – صبغية).**
4. **تبعاً لمكان حدوث الطفرة (مشيجية – جسمية).**
5. **تبعاً لمنشأ الطفرة (تلقائية – مستحدثة).**

(1) تصنيف الطفرات تبعاً لتوارثها

طفرة حقيقية	طفرة غير حقيقية
هى طفرة تتوارث على مدى الأجيال المتتالية.	هى طفرة لا تتوارث في الأجيال المتتالية.

(2) تصنيف الطفرات تبعاً لأهمية الطفرة

	طفرات غير مرغوب فيها	طفرات مرغوب فيها
التعريف	تمثل أغلب الطفرات.	طفرات نادرة لذا يحاول الإنسان استخدامها بالطرق العلمية ليستفيد منها.
أمثلة	- **التشوهات الخلقية** في الإنسان. - **العقم في النبات** الذي ينتج عنه نقص في المحصول.	- الطفرة التي أدت إلى **ظهور سلالة (أنكن)** من الأغنام **ذات الأرجل القصيرة والمقوسة** ، مما يجعلها لا تستطيع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة واعتبرها المربي صفة نافعة فعمل على إكثارها. - **الطفرات التي أدت إلى زيادة إنتاج المحاصيل النباتية**.

(3) تصنيف الطفرات تبعاً لنوع الطفرة

** **تنقسم إلى نوعين** : (الطفرات **الجينية** – الطفرات **الصبغية**).

(أ) **الطفرات الجينية**

1. **التعريف** : طفرات تحدث نتيجة **لتغير كيميائي** في تركيب الجين ، خاصة **تغيير ترتيب القواعد النيتروجينية** في جزئ DNA.

2. **النتائج** (**تأثيرها**) :

- يؤدي إلى تكوين بروتين مختلف يعمل على ظهور صفة جديدة.
- تحول الجين من **سائد** إلى **متنحي** ، وقد يحدث **العكس** في حالات نادرة.

(ب) **الطفرات الصبغية**

** **التعريف** : طفرات تحدث نتيجة التغير في عدد أو تركيب الصبغيات.

** **أنواعها** : (التغير في **عدد** الصبغيات – التغير في **تركيب** الصبغيات).

(1) **التغير فى عدد الصبغيات** :

* **التعريف** : يقصد به نقص أو زيادة صبغي واحد أو أكثر في الأمشاج بعد الإنقسام الميوزي.

* **الأمثلة** :

1. **الزيادة في عدد الصبغيات** : كما في **حالة كلاينفلتر** (XXX + 44) ، **الزيادة** بمقدار صبغي جنسي واحد (X).

2. **النقص في عدد الصبغيات** : كما في **حالة تيرنر** (X + 44) ، **النقص** بمقدار صبغي جنسي واحد (X).

3. **تضاعف عدد الصبغيات** (**التضاعف الصبغي**) :

* **أسباب الحدوث** :

- ✓ عدم إنفصال الكروماتيدات بعد إنقسام السنترومير.
- ✓ عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين.

* **شيوعه وتأثيره** :

	التضاعف الصبغي في عالم النبات	التضاعف الصبغي في عالم الحيوان
الإنتشار (شيوعه)	**أكثر شيوعاً** لأن نسبة كبيرة من النباتات المعروفة تكون (3 ن – 4 ن – 6 ن – 8 ن حتى 16 ن) ، وذلك عندما تتضاعف الصبغيات في الأمشاج.	**أقل شيوعاً** لأن تحديد الجنس في الحيوانات يتطلب توازن دقيق بين عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية.
التأثير	ينتج عنه أفراد ذات صفات جديدة ، فيكون النبات أكثر طولاً ، وتكون أعضاؤه أكبر حجماً ، وخاصة **الأزهار والثمار**.	**التضاعف الثلاثي** في الإنسان يكون **مميت** ، ويسبب إجهاضاً للأجنة ، ومع ذلك يوجد تضاعف صبغي في بعض **خلايا الكبد والبنكرياس**.
الأمثلة	يوجد حالياً **كثير من المحاصيل والفواكه** مثل (**القطن والقمح والعنب والتفاح والكمثرى والفراولة**) ذات **التعدد الرباعي** (4ن).	يقتصر وجوده على بعض **الأنواع الخنثى** من القواقع والديدان التي لا يوجد لديها مشكلة في تحديد الجنس.

(2) التغير في تركيب الصبغيات :

** **يحدث نتيجة تغيير ترتيب الجينات على نفس الصبغي بسبب** :

1. **انفصال قطعة من الصبغي أثناء الإنقسام** ، وإلتفافها حول نفسها بمقدار 180° ، وإلتحامها في الوضع المقلوب على نفس الصبغي.

2. **تبادل أجزاء من صبغيات غير متماثلة**.

3. **زيادة أو نقص جزء صغير من الصبغي**.

(4) تصنيف الطفرات تبعاً لمكان حدوثها

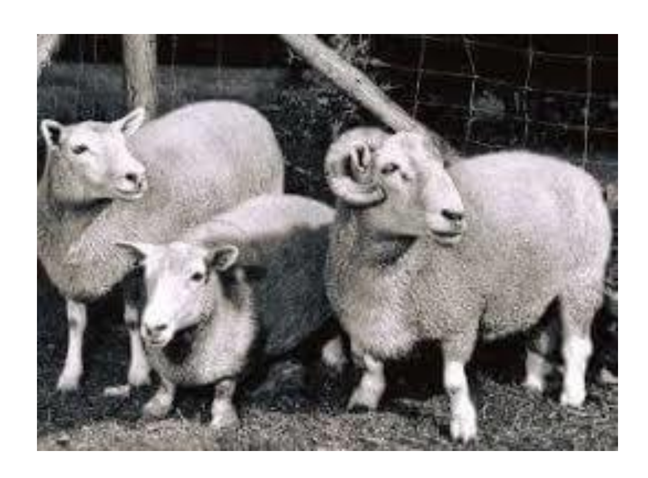
	الطفرات المشيجية	الطفرات الجسمية
نوع الخلايا التي تحدث فيها	الخلايا التناسلية (الأمشاج).	الخلايا الجسدية (الجسمية).
كيفية الظهور	تظهر كصفات جديدة على الجنين الناتج.	تظهر كأعراض مفاجئة على العضو الذي تحدث بخلاياه.
أمثلة (الإنتشار)	تتم في الكائنات الحية التي تتكاثر **تزاوجياً**.	أكثر شيوعاً في **النباتات** التي تتكاثر **خضرياً** ، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادي يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم ، ويمكن فصل هذا الفرع وإكثاره خضرياً إذا كانت الصفة الجديدة مرغوب فيها.

(5) تصنيف الطفرات تبعاً لمنشأ الطفرة

	طفرات تلقائية	طفرات مستحدثة
التعريف	طفرة تحدث **دون تدخل** الإنسان ، و هى **نادرة** الحدوث في جميع الكائنات الحية.	طفرة تحدث **بتدخل** الإنسان للحصول على صفات **مرغوبة** في كائنات معينة.
أسباب الحدوث	* **تأثيرات البيئة المحيطة** بالكائن الحي ، **مثل** : (**الأشعة فوق البنفسيجية** – **الأشعة الكونية** – **المركبات الكيميائية**).	* يستخدم الإنسان لعمل طفرات مستحدثة **العوامل الآتية** : 1. **عوامل طبيعية** ، **مثل** (أشعة إكس – أشعة جاما – الأشعة فوق البنفسيجية). 2. **عوامل كيميائية** ، **مثل** (**غاز الخردل** – **مادة الكولشيسين** – **حمض النيتروز**). * **الطريقة** : عند معالجة النباتات بهذه المواد **تضمر** خلايا القمة النامية ، **وتموت** ، **ليتجدد** تحتها **أنسجة جديدة** تحتوي خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.
الأهمية	تلعب دوراً هاماً في عملية تطور الأحياء.	أغلبها تحمل صفات غير مرغوبة غير أن الإنسان ينتقي ما هو نافع.
أمثلة	الطفرة التي أدت إلى **ظهور سلالة أنكن** من الأغنام **ذات الأرجل القصيرة والمقوسة** ، التي لا تستطيع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة.	1. الحصول على **أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة** ، **حلوة المذاق** ، **وخالية من البذور**. 2. **إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية** ، مثل (**البنسلين**) من كائنات دقيقة كـ (**البنسليوم**).

** **التكاثر الخضري** : نوع من التكاثر **اللاجنسي** في النباتات ، يتم بواسطة **الإنسان**.

** تعتبر **سلالة أنكن للأغنام** مثال **لمجموعة من الطفرات** (حقيقية - تلقائية – مشيجية - مرغوب فيها) :



س / **اذكر الأهمية البيولوجية لكل من :** (**إنزيم دي أوكسي ريبونيوكليز – البلازميدات – غاز الخردل – مادة الكولشيسين – حمض النيتروز**).

س / **اذكر دور وكيفية عمل الإنزيمات التالية** : (**إنزيمات اللولب - إنزيمات بلمرة DNA - إنزيمات الربط**).

س / **وضح الإسهامات التى قام بها كل عالم مما يلي** : (**جريفث – إفري - هيرشي وتشيس – فرانكلين - واطسون وكريك**).

س / **قارن بين كل من** :

1. **النيوكليوسوم & البلازميد** (المكان – التعريف – الوظيفة).
2. **النيوكليوسوم & النيوكليوتيدة** (التعريف – التركيب).
3. **المحتوى الجيني في أوليات وحقيقيات النواة.**

أحياء

الصف الثالث الثانوي

الباب الثاني :

البيولوجية الجزيئية

الفصل الثاني :

الأحماض النووية وتخليق البروتين

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

فصل (2) : الأحماض النووية وتخليق البروتين

أولاً : RNA وتخليق البروتين

أنواع البروتينات

** يوجد في الأنظمة الحية **آلاف الأنواع من المركبات البروتينية** التي يمكن **تقسيمها إلى قسمين رئيسيين ، هما** :

	(1) البروتينات التركيبية	(2) البروتينات التنظيمية
التعريف	هى البروتينات التي تدخل في تراكيب محددة في الكائن الحي.	هى البروتينات التي تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحي.
الأمثلة	✓ الأكتين والميوسين : يدخلان في تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة. ✓ الكولاجين : يدخل في تركيب الأنسجة الضامة. ✓ الكيراتين : يُكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.	✓ الإنزيمات : تنشط التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية. ✓ الأجسام المضادة : تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة. ✓ الهرمونات وغيرها من المواد : تمكن الجسم من الإستجابة للتغيرات المستمرة في بيئته الداخلية والخارجية.

بناء البروتينات

(1) هناك خطة مشتركة لبناء **آلاف الأنواع من البروتينات** التي توجد في الأنظمة الحية.

(2) حيث يوجد **عشرون نوعاً** من الوحدات البنائية للبروتين هى **الأحماض الأمينية** التي لها تركيب أساسي واحد.

(3) ترتبط الأحماض الأمينية ببعضها البعض **بروابط ببتيدية** في وجود **إنزيمات خاصة** في تفاعل **نازع للماء** ، لتكوين **بوليمر عديد الببتيد** الذي يُكون **البروتين**.

(4) **أسباب الفروق بين البروتينات المختلفة** :

1. إختلاف **أعداد وأنوع وترتيب الأحماض الأمينية** في البوليمرات (عديدات الببتيد).
2. **عدد البوليمرات** التي تدخل في بناء البروتين.
3. **الروابط الهيدروجينية الضعيفة** التي قد تعطي الجزئ شكله المميز.
4. عملية تخليق البروتين **عملية معقدة** تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات.

الحمض الأميني

التعريف :

- هو الوحدة البنائية الأساسية للبروتين.

التركيب :

** **تتصل ذرة الكربون الأولى في الحمض الأميني بـ** :

1. **مجموعة كربوكسيل** (**COOH**).
2. **مجموعة أمين** (NH_2).
3. **ذرة هيدروجين** (**H**).
4. **مجموعة ألكيل** (**R**) :
   - ✓ تختلف بإختلاف الحمض الأميني.
   - ✓ توجد في 19 حمض أميني فقط.

$$R-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-COOH$$

تركيب الحمض الأميني

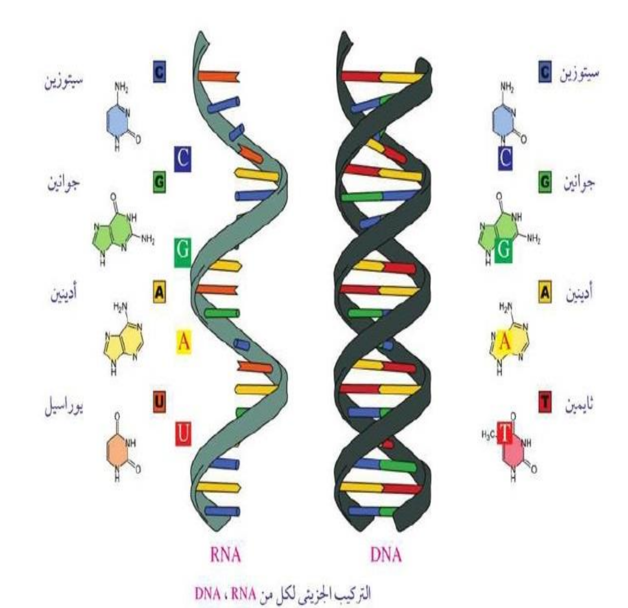
$$H-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-COOH$$

الجلايسين

حمض الجلايسين : هو الحمض الأميني الوحيد الذي يحتوي على ذرة هيدروجين بدلاً من مجموعة ألكيل.

الأحماض النووية الريبوزية

(1) **الأنواع** :



التركيب الجزيئي لكل من RNA ، DNA

** **يوجد نوعان من الأحماض النووية ، هما :**

1. **الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين أو الحمض النووي الدي أوكسي ريبوزي (DNA).**
2. **الحمض النووي الريبوزي (RNA).**

(2) **أوجه التشابه بين RNA & DNA :**

1. يتكون كل منهما من **سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات.**
2. تتكون كل نيوكليوتيدة من (**سكر خماسي – قاعدة نيتروجينية – مجموعة فوسفات**).
3. ترتبط **مجموعة الفوسفات** بذرة **الكربون رقم 5** في جزئ سكر إحدى النيوكليوتيدات ، وبذرة **الكربون رقم 3** في جزئ سكر النيوكليوتيدة السابقة ليتكون **هيكل سكر فوسفات**.

(3) **أوجه الإختلاف بين RNA & DNA :**

	الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين DNA	الحمض النووي الريبوزي RNA
نوع السكر الخماسي	سكر الديوكسي ريبوز $C_5H_{10}O_4$ (أي ينقصه ذرة أكسجين عن سكر الريبوز)	سكر خماسي ريبوز $C_5H_{10}O_5$
القواعد النيتروجينية	البيورينات (A أدينين – G جوانين) البيريميدينات (T ثايمين – C سيتوزين)	البيورينات (A أدينين – G جوانين) البيريميدينات (U يوراسيل – C سيتوزين).
عدد الأشرطة	شريط مزدوج من النيوكليوتيدات (شريطين متكاملين)	شريط مفرد من النيوكليوتيدات (لكنه قد يكون مزدوج في بعض أجزائه)
مكان وجوده	يوجد داخل النواة.	ينتقل من النواة إلى السيتوبلازم.
الثبات	ثابت بشكل واضح في الخلية لا يتحلل.	يتم هدمه وإعادة بناؤه بإستمرار.
الأنواع	نوع واحد	ثلاثة أنواع أساسية تساهم في بناء البروتين : الرسول mRNA - الريبوسومي rRNA - الناقل tRNA

أنواع حمض RNA

** **هناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تساهم في بناء البروتين** :

1. **حمض RNA الرسول (mRNA).**
2. **حمض RNA الريبوسومي (rRNA).**
3. **حمض RNA الناقل (tRNA).**

(1) حمض RNA الرسول (mRNA)

(1) **التعريف** : هو أحد أنواع الحمض النووي RNA التي تساهم في بناء البروتين.

(2) **الوظيفة (الأهمية البيولوجية)** : نقل الشفرة الوراثية من جزئ DNA في النواة إلى الريبوسومات في السيتوبلازم ، حيث يتم بناء البروتين.

(3) **التركيب** :

1. **موقع الإرتباط بالريبوسوم (يوجد في بداية mRNA)** :

- ✓ هو تتابع من النيوكليوتيدات ، يرتبط بالريبوسوم ، بحيث يصبح أول كودون (**كودون البدء**) AUG متجهاً لأعلى ، وهو الوضع الصحيح للترجمة.

** **الكودون** : شفرة وراثية تتكون من **ثلاث نيوكليوتيدات** على شريط mRNA ، وهي تمثل شفرة خاصة لحمض أميني معين.

2. **كودون البدء (يوجد في بداية mRNA)** :

- ✓ هو الكودون **AUG**.
- ✓ **الوظيفة** : يعطي الإشارة إلى **بداية تكوين سلسلة عديد الببتيد** ، ويُمثل شفرة **حمض الميثيونين**.

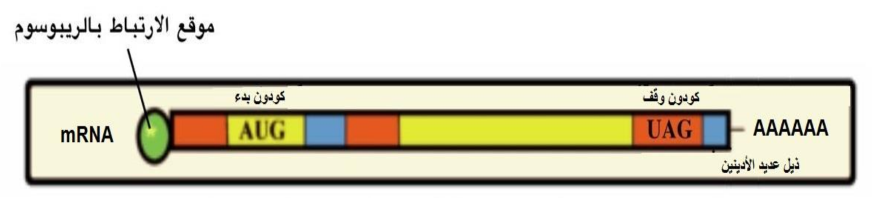
3. **كودون الوقف (يوجد في نهاية mRNA)** :

- ✓ يكون واحد من ثلاثة كودونات هي UAA, UAG, UGA.
- ✓ يعطي إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين ، حيث يرتبط **عامل الإطلاق** بأي منهم لينتهي بناء سلسلة عديد الببتيد.

4. **ذيل عديد الأدينين (يوجد في نهاية mRNA)** :

- ✓ يتكون من حوالي **200 أدينوزين** ، وهو لا يمثل شفرة.

✓ **الوظيفة** : يعمل على **حماية mRNA من التحلل** بواسطة **الإنزيمات** الموجودة في السيتوبلازم.



شكل (١) رسم تخطيطي لجزيء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

** **الأدينوزين** (معلومة للإطلاع فقط) : هو **قاعدة أدينين مرتبطة بسكر ريبوز** ، ولكنه ليس **نيوكليوتيدة** لعدم احتوائه على **مجموعة فوسفات** ، لذا فهو لا يمثل شفرة.

عملية نسخ حمض mRNA

(1) **نسخ حمض mRNA (طريقة تكوينه) :**

1. يُنسخ mRNA من أحد شريطي DNA بارتباط **إنزيم بلمرة mRNA (RNA-polymerase)** بتتابع من النيوكليوتيدات على DNA يسمى **المحفز**.

2. **ينفصل شريطا DNA عن بعضهما** ، حيث **يعمل أحدهما كقالب** لبناء mRNA ، ويكون القالب في اتجاه ('3 '5) ، فيقوم الإنزيم ببناء mRNA في الإتجاه ('5 '3).

3. يتحرك الإنزيم على إمتداد جزئ DNA ، حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط mRNA النامي واحداً بعد الآخر ، ويعمل الإنزيم في اتجاه '5 '3 على قالب DNA مجمعاً mRNA في اتجاه '3 '5.

(2) **تشبه عملية نسخ حمض mRNA عملية تضاعف DNA فيما عدا فرق رئيسي واحد :**

* وهو أنه عندما يتم تضاعف DNA ، فإن عملية التضاعف لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA في الخلية. أما في حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA.

✓ **وبما أن جزئ DNA مزدوج الشريط** فمن الناحية النظرية يمكن لأي جزء منه أن ينسخ إلى جزئين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين.

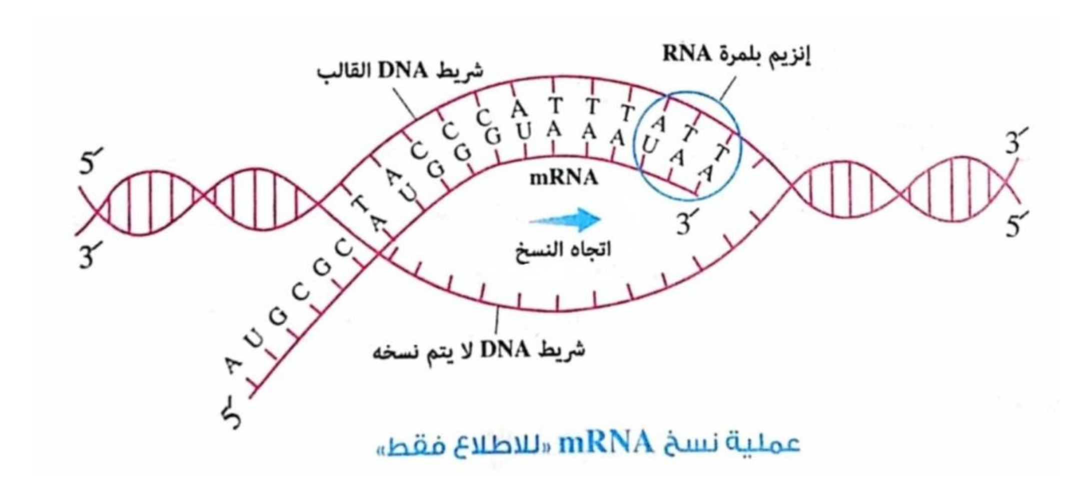
✓ **إلا أن ما يحدث في الواقع هو** أن شريطاً واحداً من DNA هو الذي يتم نسخ قطعة منه ، ويدل توجيه **المحفز** على الشريط الذي سيُنسخ.

** **المحفز** :

1. **التعريف** : **تتابع من النيوكليوتيدات** على **DNA** ، يُوجه **إنزيم بلمرة mRNA** إلى الشريط الذي سينسخ منه mRNA.

2. **مكان التواجد** : يوجد على أحد شريطي DNA.

3. **الوظيفة** : يُوجه **إنزيم بلمرة mRNA** إلى **شريط DNA القالب** الذي يكون في الإتجاه ('3 '5) ، ليبدأ منه نسخ mRNA في الإتجاه ('5 '3).



عملية نسخ mRNA «للاطلاع فقط»

(3) **تختلف عملية نسخ mRNA وترجمته إلى البروتين المقابل في أوليات النواة عنها في حقيقيات النواة** (**مقارنة بين أوليات النواة وحقيقيات النواة ، من حيث نسخ الأحماض النووية الريبوزية**) :

	نسخ وترجمة mRNA في أوليات النواة	**نسخ وترجمة mRNA في حقيقيات النواة**
إنزيم بلمرة RNA	يوجد إنزيم بلمرة RNA واحد ينسخ جميع أنواع RNA الثلاثة.	يوجد لكل نوع من أنواع RNA الثلاثة إنزيم بلمرة RNA خاص لنسخه.
ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل	يتم ذلك بمجرد بنائه من DNA ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA ، وتبدأ في ترجمته إلى بروتين ، بينما يكون الطرف الآخر لجزئ mRNA مازال في مرحلة البناء على DNA القالب.	لا يتم ذلك إلا بعد الإنتهاء من بناء mRNA كاملاً في النواة وإنتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووي.

(2) حمض RNA الريبوسومي (rRNA)

(1) **الوظيفة** : يدخل أربعة **أنواع مختلفة** من **حمض rRNA** مع حوالي **70 نوعاً** من **عديد الببتيد** في **بناء الريبوسومات** (**عضيات بناء البروتين في الخلية**).

(2) **بناء الريبوسومات في حقيقيات النواة** :

1. **المكان** : يتم بناء الريبوسومات في حقيقيات النواة في **النوية** (**منطقة داخل النواة**).

2. **يتم بناء آلاف من الريبوسومات في الساعة في خلايا حقيقيات النواة** (أي بمعدل سريع) ، وذلك لأن DNA في خلايا حقيقيات النواة يحتوي على **أكثر من 600 نسخة من جينات RNA الريبوسومي** الذي يشترك في **بناء الريبوسومات** التي تحتاج إليها الخلية.

(3) **يتكون الريبوسوم الوظيفي من تحت وحدتين** :

1. **تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة** :

✓ **تحتوى على موقعين** :

الأول : **موقع الببتيديل** (**P**).

الثاني : **موقع الأمينو أسيل** (**A**).

2. **تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة** :

- **ترتبط بجزئ mRNA في بداية تخليق البروتين.**

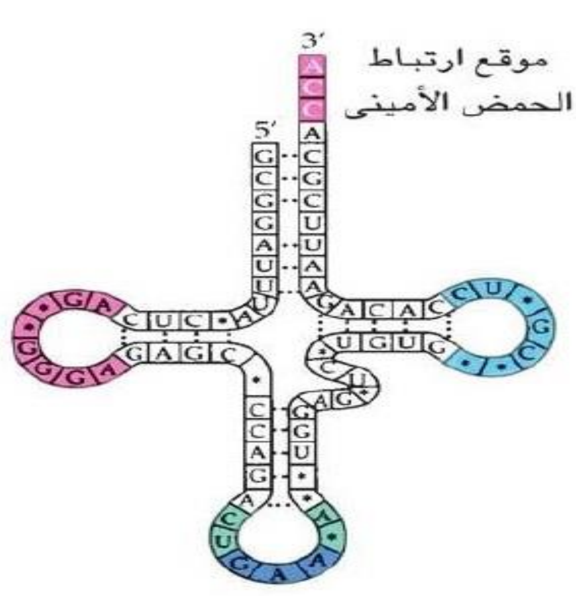
(4) عندما لا يكون الريبوسوم قائماً بعمله في إنتاج البروتين ، **تنفصل تحت الوحدتين عن بعضهما ويتحرك كل منهما بحرية** ، وقد يرتبط كل منهما بتحت وحدة آخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة آخرى.

(5) يتم **بناء البروتينات** التي تدخل في **تركيب الريبوسومات** في **السيتوبلازم** ، ثم تنتقل عبر **الغشاء النووي** إلى **داخل النواة** ، حيث يكون كل من rRNA & عديدات الببتيد تحت وحدتا الريبوسوم.

(6) أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين rRNA & mRNA.

(3) حمض RNA الناقل (tRNA)

(1) **الوظيفة** : يشارك في بناء البروتين عن طريق حمل الأحماض الأمينية ونقلها إلى الريبوسومات.



شكل (٢) الشكل العام لجزىء حمض RNA الناقل

(2) **الأنواع** (الأعداد)

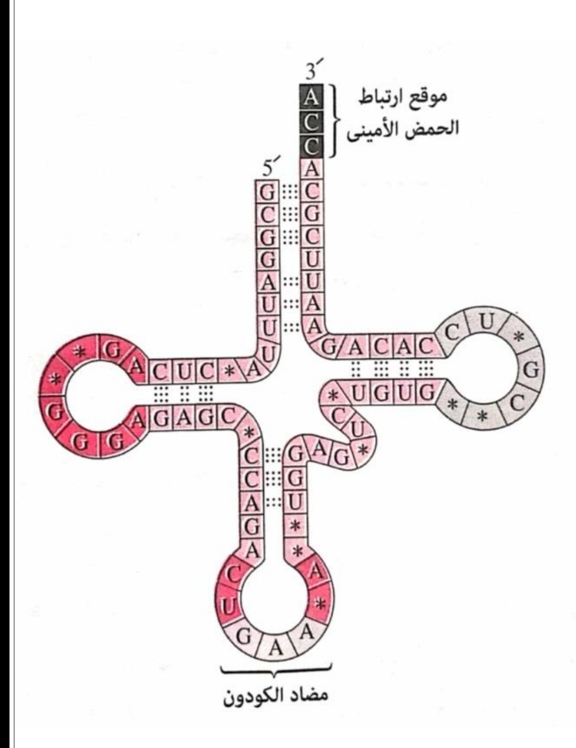
- ✓ لكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يقوم بالتعرف عليه ، ثم نقله.
- ✓ الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع م ن tRNA ، لذا يكون عدد tRNA أكثر من عشرين.

(3) **نسخ tRNA** : يُنسخ من جينات tRNA التي توجد عادة على شكل تجمعات من 7 – 8 جينات على نفس الجزء من جزئ DNA.

(4) **الشكل العام** :

1. **لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام** ، حيث تلتف أجزاء من الجزئ لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بإزدواج القواعد في مناطق مختلفة من الجزئ.

2. **يوجد موقعان على جزئ tRNA لهما دور في بناء البروتين** :



- ✓ **الموقع الأول** (**موقع ارتباط الحمض الأميني**) :
  - ▪ هو موقع اتحاد الجزئ (tRNA) بالحمض الأميني الخاص به.
  - ▪ يتكون من ثلاث قواعد CCA عند الطرف '3 من الجزئ.
- ✓ **الموقع الثاني** (**مضاد الكودون أو مقابل الكودون**) :
  - ▪ تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم.
  - ▪ حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA ، مما يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في المكان المحدد في سلسلة عديد الببتيد.

س : **قارن بين جزئ tRNA & mRNA ، من حيث** (**التركيب أو الشكل العام – دوره في بناء البروتين أو الوظيفة – كيفية نسخه من DNA**) ؟!

الشفرة الوراثية

(1) **التعريف** : تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA ، والتي يتم نسخها من أحد شريطي DNA.

(2) ينتقل mRNA إلى الريبوسوم ، حيث يُترجم إلى تتابع من الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد الذي يُكون بروتيناً معيناً.

(3) والسؤال الآن : **ما هو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أميني** (**ما هو عدد النيوكليوتيدات التي تكون شفرة الحمض الأميني**) ؟!

- ❖ **من المعروف أن** :

1. هناك عشرين حمضاً أمينياً مختلفاً تدخل في بناء البروتينات.
2. هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل في بناء كل من RNA & DNA.

- ❖ **وعلى ذلك فإن** :

1. اللغة الوراثية تحتوي على أربع حروف أبجدية (أربع نيوكليوتيدات).
2. وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تُشكل **عشرين كلمة** (تدل كل منها على حمض أميني معين).
3. ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من **حرف واحد** فيما يعرف بـ (**الشفرة الوراثية الأحادية**) لأن ذلك يعني وجود أربع كلمات فقط على صورة شفرة هي AGCU ، والبروتينات تحتوي على أربعة أحماض أمينية فقط ، وهذا غير صحيح.
4. وبالمثل لا يمكن أن تتكون كل كلمة (شفرة) من جزئين أو حرفين (نيوكليوتيدتين) فقط ، فيما يعرف بـ (**الشفرة الوراثية الثنائية**) ، وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رُتبت في كل الإحتمالات الممكنة لإثنين معاً تُعطي $4^2 = 16$ كلمة (شفرة) مختلفة ، وهذا العدد مازال غير كاف للعشرين حمضاً أمينياً التي تدخل في بناء البروتين.
5. **والصحيح** أن تُرتب الأربعة أحرف (نيوكليوتيدات) على شكل **ثلاثيات** ، فيما يعرف بـ (**الشفرة الوراثية الثلاثية**) ، حتى يصبح العدد الكلي $4^3 = 64$ كلمة أو شفرة ، وهذا أكثر من الحاجة لتكوين شفرة لكل حمض أميني ، وبالتالي يصبح لكل حمض أميني أكثر من شفرة (ماعدا الميثيونين).
6. وعلى ذلك فإن أصغر حجم نظري لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات ، بمعنى أن الشفرة الوراثية ثلاثية.

(4) قد توافرت أدلة كافية بحلول عام 1960 م تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أميني والتي يطلق عليها اسم **كودونات** قد تم الوصول إليه عام 1965 م.

** **الكودون** : شفرة وراثية تتكون من **ثلاث نيوكليوتيدات** على شريط mRNA ، وهى تُمثل شفرة خاصة لحمض أميني معين.

(5) **تسمى شفرة الحمض الأميني** بـ (**الكودون**) :

1. يوجد **كودون واحد** لبدء بناء البروتين يسمى (**كودون البدء**) ، وهو AUG.

2. يوجد **ثلاثة كودونات** لوقف بناء البروتين ، تسمى (**كودونات الوقف**) ، وهى UAA, UAG, UGA ، حيث تعطي هذه الكودونات إشارة عند النقطة التي تقف عندها آلية بناء البروتين وتنتهي سلسلة عديد الببتيد.

(6) **الشفرة الوراثية عالمية أو عامة** :

- ✓ بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتريا والفطريات والنباتات والحيوانات.
- ✓ وهذا دليل قوي على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة.
- ✓ وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريباً لملايين السنين منذ ذلك الوقت.

* **ملاحظة** :

- الكودونات الموجودة في الجدول التالي هى التي توجد في mRNA.
- أما كودونات DNA فهى النيوكليوتيدات التي تتكامل قواعدها مع الكودونات الموجودة بالجدول.

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية U	C	A	G	القاعدة الثالثة
U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cystenine	U
U	UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C
U	UUA Leucine	UCA Serine	UAA STOP	UGA STOP	A
U	UUG Leucine	UCG Serine	UAG STOP	UGG Tryptophan	G
C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U
C	CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C
C	CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A
C	CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G
A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U
A	AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C
A	AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A
A	AUG(START) Methionine	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G
G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Asparagine	GGU Glycine	U
G	GUC Valine	GCC Alanine	GAC Asparagine	GGC Glycine	C
G	GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic acid	GGA Glycine	A
G	GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic acid	GGG Glycine	G

جدول الشفرات (جدول رقم ١) للاطلاع فقط

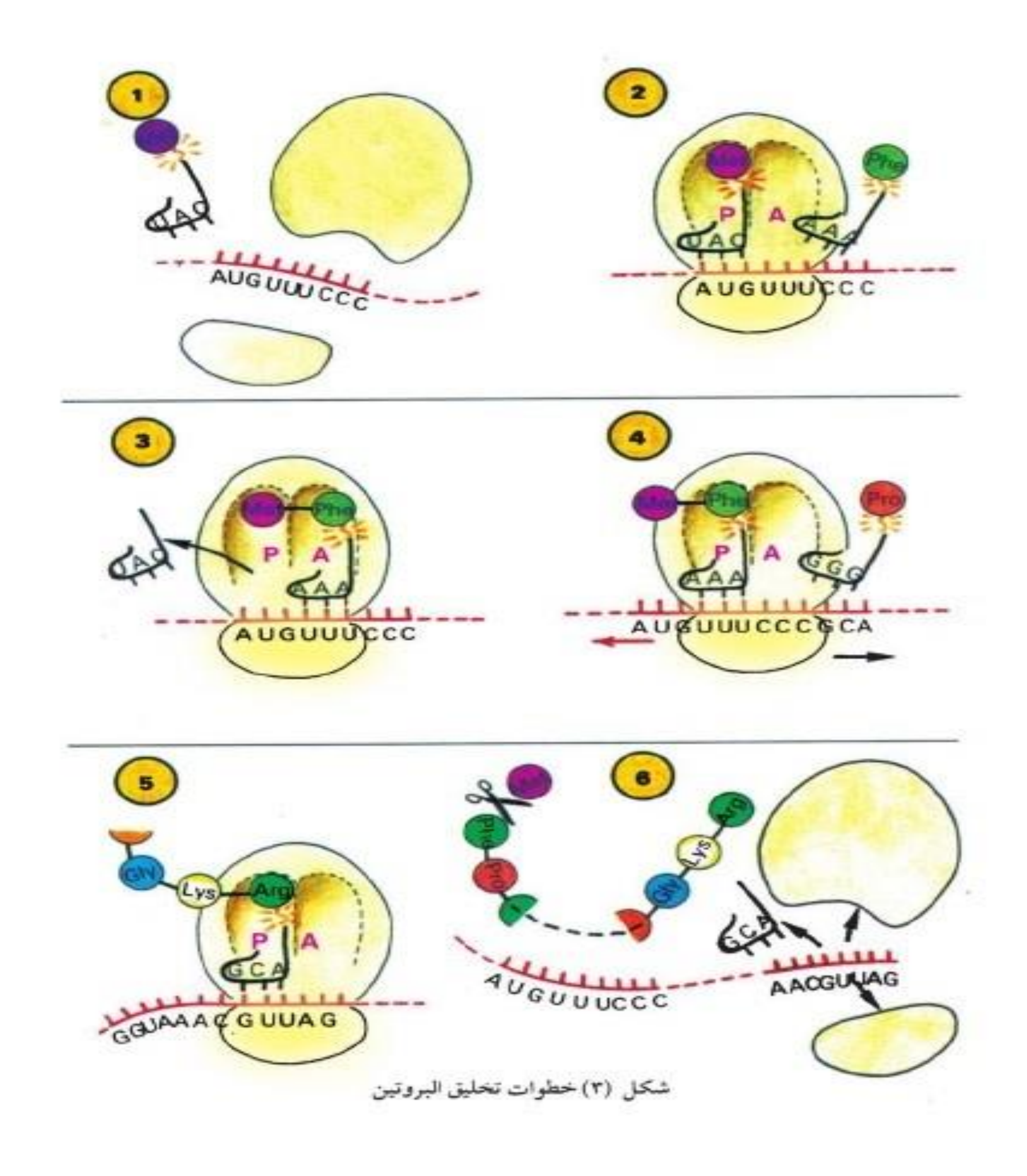
تخليق البروتين

(1) عملية تخليق البروتين **عملية معقدة** ، تتضمن تداخل الأنواع المختلفة من الجزيئات (مثل جزيئات RNA).

(2) **<u>مراحل تخليق البروتين</u>** :

** **<u>يتم تخليق البروتين على ثلاث مراحل رئيسية كالتالي</u>** :

1) **بدء عملية الترجمة.**
2) **استطالة سلسلة عديد الببتيد** (3 خطوات).
3) **توقف عملية بناء البروتين.**



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين

(1) بدء عملية الترجمة

(1) يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزئ mRNA من جهة الطرف '5 ، بحيث يكون أول كودون به AUG (شفرة الميثيونين) ، متجهاً إلى أعلى.

(2) تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزئ tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG ، وبذلك يصبح حمض الميثيونين أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبني.

(3) ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (**تحت وحدة ريبوسوم صغيرة + mRNA + tRNA**) ، وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين.

** **ملاحظات** :

1. يوجد على الريبوسوم موقعان (موقع الببتيديل P وموقع أمينو أسيل A) ، يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA.
2. الميثيونين هو أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد لأن أول كودون على mRNA هو AUG الذي يمثل شفرة الحمض الأميني الميثيونين ، وهو موجود عند موقع الببتيديل P.

(2) استطالة سلسلة عديد الببتيد

** **تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الإستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات :**

(1) **الخطوة الأولى** : يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزئ mRNA في موقع الأمينو أسيل A ، حاملاً الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد.

(2) **الخطوة الثانية** :

1. يحدث **تفاعل نقل الببتيديل** الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بمساعدة **إنزيم منشط للتفاعل** (عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة).

2. يصبح tRNA الأول فارغاً ويترك الريبوسوم ، وقد يلتقط ميثيونيناً آخر ، أما rRNA الآخر فيحمل الحمضين الأمينيين معاً.

(3) **الخطوة الثالثة** :

1. يتحرك الريبوسوم على إمتداد mRNA ، بحيث يصبح الموقع A خالي ، ويصبح الحمض الأميني الثاني أمام الموقع P على الريبوسوم.

2. تبدأ الدورة مرة آخرى ، حيث يرتبط مضاد الكودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالباً الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A.

3. ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزئ tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع.

** **تفاعل نقل الببتيديل :**

- تفاعل كيميائي يحدث في الريبوسومات ، وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أميني والحمض الذي يليه بمساعدة إنزيم منشط التفاعل.

(3) توقف عملية بناء البروتين

(1) تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى **كودون وقف** على mRNA ، حيث يرتبط **عامل الإطلاق** بكودون الوقف ، مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA ، وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض.

(2) بمجرد أن يبرز الطرف '5 لجزئ mRNA من الريبوسوم ، يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة آخرى لتبدأ دورة جديدة في بناء البروتين.

** **عامل الإطلاق :**

التعريف : بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزئ mRNA.

الوظيفة : يجعل الريبوسوم يترك mRNA بعد توقف عملية تخليق البروتين ، وتنفصل تحت وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض ، وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

** عادة ما يتصل بجزئ mRNA عدد من الريبوسومات (قد يصل إلى مائة ريبوسوم) ، حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ، فيسمى عندئذ **عديد الريبوسوم**.

** **عديد الريبوسوم :**

هو اتصال جزئ واحد من mRNA بعدد من الريبوسومات الذي قد يصل إلى مائة ريبوسوم ، يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA.

س : **قارن بين عامل الإطلاق & موقع التعرف ، من حيث (التعريف – الوظيفة) ؟!**

ثانياً : التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

إنجازات التكنولوجيا الجزيئية أو الهندسة الوراثية

** أدى التقدم في معرفة تركيب الجين (**علم الجينات**) وكيفية تخليق البروتين **إلى إمكانية** :

1. عزل جين مرغوب فيه ، وتكوين ملايين النسخ منه داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية.
2. تحليل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات في هذا الجين.
3. إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة.
4. معرفة تتابع الأحماض الأمينية في البروتين المقابل من خلال معرفتنا عن تتابع النيوكليوتيدات في الجين.
5. نقل جينات وظيفية في كثيرة إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية.
6. بناء جزيئات DNA حسب الطلب ، ففي عام 1979 م تمكن خورانا من إنتاج جين صناعي وإدخاله إلى داخل خلية بكتيرية.
7. إنتاج شريط قصير من DNA يحتوي على تتابع من النيوكليوتيدات نرغب فيه ، عن طريق برمجة النظم الجينية الموجودة في العديد من المعامل.
8. استخدام DNA المُعد صناعياً في تجارب تخليق البروتين.
9. دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين من خلال تغيير الشفرة لإستبدال حمض أميني بآخر.

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

(1) **تهجين الحمض النووي**

- ✓ التعريف.
- ✓ الأساس العلمي.
- ✓ كيفية تكوين DNA المهجن.
- ✓ استخدامات DNA المهجن.

(2) **إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية**

- ✓ تعريف إنزيمات القصر.
- ✓ تاريخ إكتشافها.
- ✓ لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات الـ DNA الخاص بالخلية البكتيرية نفسها ؟!
- ✓ كيفية عمل إنزيمات القصر.
- ✓ موقع التعرف.
- ✓ أهمية إنزيمات القصر.

(3) **استنساخ تتابعات DNA**

1. **طرق الحصول على DNA المراد نسخه**

أ- فصل DNA من المحتوى الجينية للخلية.
ب- استخدام mRNA.

2. **طرق إستنساخ تتابعات DNA**

أ- استخدام البلازميد (أو الفاج).
ب- استخدام جهاز PCR.

(4) **DNA معاد الإتحاد**

- ✓ التعريف.
- ✓ التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الإتحاد أو الأهمية (في مجال الطب – في مجال الزراعة – في مجال التجارب والأبحاث).
- ✓ بعض مخاطر DNA معاد الإتحاد.

(5) **الجينوم البشري** (التعريف – تاريخ إكتشاف وتطور الجينوم البشري – استخدامات الجينوم البشري).

(1) تهجين الحمض النووي

(1) **تعريف DNA المهجن** :

لولب مزدوج يتكون من شريطين ، أحدهما من كائن حي ، والشريط المتكامل معه من كائن حي آخر.

(2) **الأساس العلمي** :

1. **عند رفع درجة حرارة DNA إلى 100 ° م**

تنكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد المتزاوجة في شريطي اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين.

2. **عند خفض درجة حرارة DNA**

فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى.

3. **أى شريطين مفردين** من DNA أو RNA يمكنهما تكوين **شريط مزدوج** إذا وجد بينهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة.

4. تتوقف **شدة إلتصاق الشريطين** على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية.

5. يمكن **قياس شدة الإلتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات** بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى ، فكما كانت شدة إلتصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما.

6. يمكن إستخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على **الإلتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين (خليط)**.

(3) **كيفية تكوين DNA المهجن** :

(**خطوات إنتاج لولب مزدوج هجين من DNA**)

1. مزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً).

2. رفع درجة حرارة المزيج إلى 100 ° م (فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة مفردة).

3. **عندما يُسمح للخليط أن يبرد ، يحدث ما يلي** :

- ✓ تتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية.
- ✓ يتكون في نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين.

(4) **<u>استخدامات DNA المهجن</u>** :

1) **الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجيني وكميته ، <u>كما يلي</u>** :

1. يُحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة.
2. تُستخدم النظائر المشعة في تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك.
3. يُخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.
4. ترفع درجة الحرارة إلى 100 ° م ، ثم يترك الخليط ليبرد بهدف الحصول على DNA هجين (**أحد الشريطين طبيعي والشريط المتكامل معه صناعي مشع**).
5. يُستدل على وجود الجين في الخليط بالسرعة التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

2) **<u>تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة</u>** :

فكلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين ، كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما.

(2) إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

(1) **<u>التعريف</u>** : إنزيمات بكتيرية تتعرف على مواقع معينة على جزئ DNA الفيروسي الغريب ، وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

(2) **<u>تاريخ إكتشافها</u>** :

- ساد الإعتقاد بأن الفيروسات التي تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا E.Coli يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ، ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات آخرى.
- وفي السبعينيات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه السلالات المقاومة من البكتيريا تُكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزئ DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة ، وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم **إنزيمات القصر**.
- ولقد اتضح أن إنزيمات القصر تكون منتشرة في الكائنات الدقيقة ، كما تم فصل ما يزيد على 250 إنزيماً من سلالات بكتيرية مختلفة ، وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من 4 – 7 نيوكليوتيدات.

** **<u>سؤال هام</u> (لماذا لا تهاجم إنزيمات القصر DNA الخاص بالخلية البكتيرية نفسها ؟!)**

✓ لأن البكتيريا تقوم بتكوين **إنزيمات مُعدلة** تعمل على إضافة **مجموعة ميثيل CH_3** إلى **النيوكليوتيدات في مواقع جزئ DNA البكتيري** التي تتماثل مع **مواقع التعرف على الفيروس** ، مما يجعل DNA البكتيري مقاوماً لتأثير هذه الإنزيمات.

(3) **كيفية العمل** :

1. يتعرف كل إنزيم من إنزيمات القصر على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من 4 – 7 نيوكليوتيدات ، يسمى (**موقع التعرف**).

2. يقص الإنزيم جزئ DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه '3.

3. كل إنزيم قصر له القدرة على قطع جزئ DNA بغض النظر عن مصدره (فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني) ما دام هذا الجزئ يحتوي على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف.

** **موقع التعرف** : تتابع معين مكون من 4 – 7 نيوكليوتيدات بشريطي DNA يتعرف عليه إنزيم القصر ، فيقص جزئ DNA عنده أو بالقرب منه ، بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على أحد الشريطين هو نفسه على الشريط الآخر '5 '3.

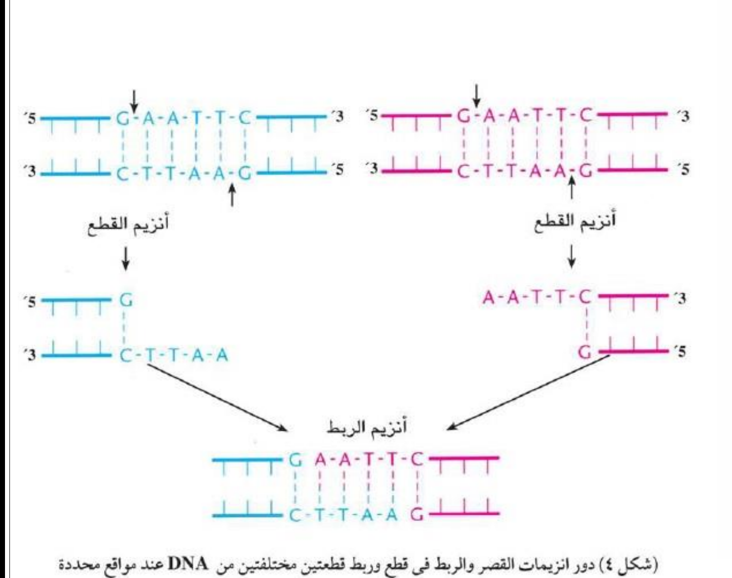
(4) **الأهمية** :

1. تُوفر **وسيلة لقص DNA** إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها.

2. تكوين **أطرافاً لاصقة متكاملة** (**أطراف مائلة مفردة الشريط**) يمكن لقواعدها أن تتزاوج مع أطراف لاصقة آخرى لشريط DNA آخر تم معاملته بنفس إنزيمات القصر ، وبالتالي يتم الربط بينهما معاً إلى شريط واحد بواسطة **إنزيم الربط**.

3. استخدام الباحثون لهذه الطريقة السابقة في **لصق قطعة معينة** من جزئ DNA بقطعة أخرى من جزئ آخر.

دور إنزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفين من جزئ DNA عند مواقع محددة



(شكل ٤) دور انزيمات القصر والربط فى قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

(3) استنساخ تتابعات DNA

(أ) **التعريف** : إنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA ، وذلك بلصقها بجزئ ما ، يحملها إلى خلية بكتيرية ، وعادة ما يكون الحامل فاج أو بلازميد.

(ب) **طرق الحصول على DNA المراد نسخه أو مضاعفته**

(1) **فصل DNA من المحتوى الجيني للخلية**

1. يتم الحصول على المحتوي الجيني للخلية عن طريق فصل كمية DNA التي بها.

2. يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر.

مثال : الحصول على ملايين من قطع DNA من المحتوى الجيني لأحد الثدييات ، ثم يتم لصق هذه القطع ببلازميدات أو فاج لمضاعفتها.

ملاحظة : يتم استخدام **تقنيات انتقائية مختلفة** لعزل تتابع DNA المرغوب في التعامل معه.

(2) **استخدام mRNA** (**الطريقة الأفضل**)

1. يتم عزل mRNA من الخلايا التي يكون فيها الجين الذي نود التعامل معه نشطاً ، مثل :

- ✓ **خلايا البنكرياس** التي تكون الأنسولين.
- ✓ **الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء** التي تكون الهيموجلوبين.

- ▪ وذلك لوجود كمية كبيرة من mRNA الذي يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات.

2. يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA الذي يتكامل معه ، (ويشبه ذلك تضاعف DNA إلى حد كبير) ، وذلك باستخدام **إنزيم النسخ العكسي**.

3. وبعد انتهاء **إنزيم النسخ العكسي** من بناء شريط مفرد من DNA ، يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة **إنزيم بلمرة DNA** ، فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه.

إنزيم النسخ العكسي :

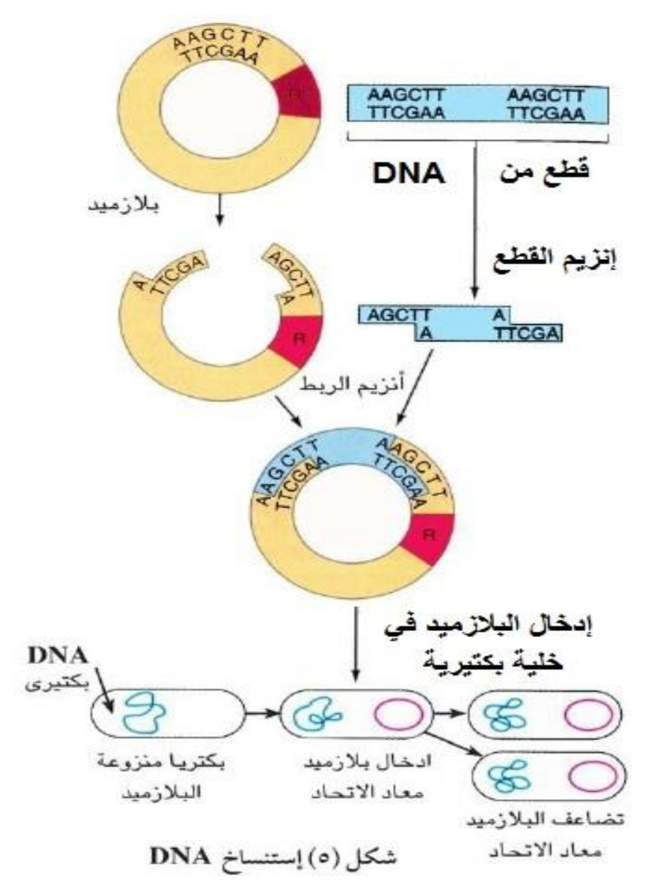
التعريف : هو الإنزيم الذي يقوم ببناء DNA على قالب من mRNA.

مكان التواجد : توجد شفرة هذا الإنزيم في الفيروسات التي يتكون محتواها الجيني من mRNA، حتى تستخدمه في تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذي يرتبط بالمحتوي الجيني من DNA في خلية العائل.

(ج) **طرق استنساخ تتابعات DNA**

** **يتم نسخ أو مضاعفة جين أو قطعة من DNA بطريقتين ، هما :**

(1) **استخدام البلازميد أو الفاج :**



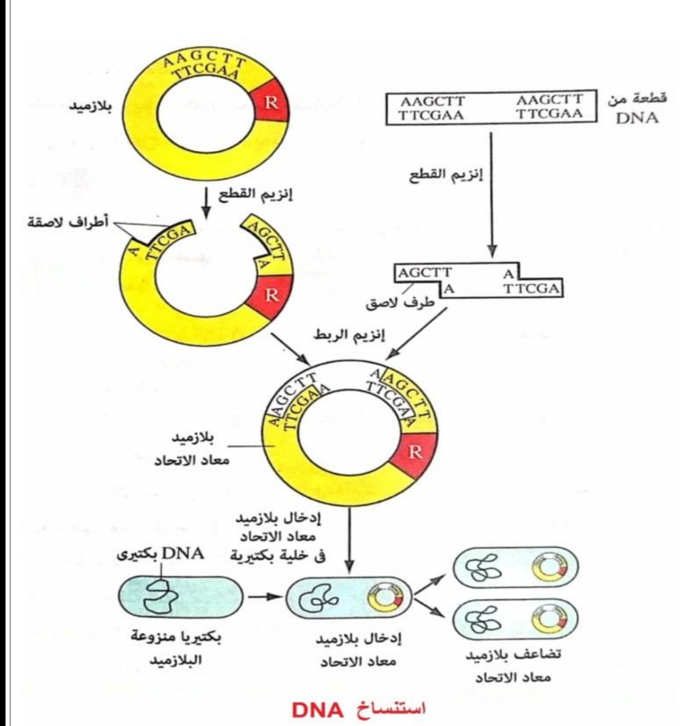
شكل (٥) إستنساخ DNA

1. يتم عزل قطع DNA أو الجين المراد استنساخه ، ومعاملته بانزيمات القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاصقة.

2. يتم عزل البلازميد من خلايا بكتيرية ، ومعاملته بنفس إنزيمات القصر السابقة ، حتى تتعرف على نفس المواقع وتقوم بالقطع عندها تاركة نفس الأطراف اللاصقة.

3. يتم خلط قطع DNA مع قطع البلازميد ، فتتزاوج النهايات اللاصقة لـ DNA مع النهايات اللاصقة للبلازميد ، ثم يتم الربط الإثنين باستخدام إنزيم الربط.

4. يتم إضافة البلازميد وعليه DNA إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا (فطر) الخميرة التي سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها لـ DNA ، حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا ، وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجيني للخلية.



استنساخ DNA

5. يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات ، ويتم إطلاق قطع DNA (أو الجين) من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذي سبق استخدامه.

6. يتم عزل الجينات بالطرد المركزي المفرق ، وبذلك يتم الحصول على كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة ، التي يمكن تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعتها في خلية آخرى.

(2) **استخدام جهاز PCR :**

** يستطيع جهاز PCR حالياً مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق معدودة ، بإستخدام **إنزيم تاك بوليميريز** الذي يعمل عند درجة **حرارة مرتفعة**.

(4) الـ DNA معاد الإتحاد

** لقد شهدت السنوات الأخيرة فيضاً من الإنجازات في تكنولوجيا DNA معاد الإتحاد ، ويتخيل بعض العلماء أنه قد يأتي الوقت الذي يمكن فيه إدخال **نسخ من جينات طبيعية** إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب ، وبذلك نزيل عنهم المعاناة ونعفيهم من الإستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثي.

** ومن الواضح أنها قد تكون تكنولوجيا خطرة جداً **لو استخدمت لتحقيق أغراض آخرى** ، وهناك العديد ممن يُعارضون بشدة استمرار البحث في هذا المجال.

(أ) **التعريف** : عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حي إلى خلايا كائن حي آخر.

(ب) **التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الإتحاد** (أهمية DNA معاد الإتحاد) :

(1) **في مجال الطب** (**إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجاري**) :

1) **إنتاج هرمون الإنسولين البشري** :

هرمون الإنسولين البشري يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر ، وهو أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الإتحاد ، وفي عام 1982 م رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدامه.

قديماً كان يتم استخلاص الإنسولين من بنكرياس المواشي والخنازير ، وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة.

وعلى الرغم من أن الإنسولين البشري الذي تنتجه البكتيريا مازال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الإنسولين البشري وإنسولين الأنواع الآخرى.

ومع تحسن طرق الإنتاج فإن الإنسولين البكتيري قد يصير أقل تكلفة.

2) **إنتاج الإنترفيرونات** :

توصل الباحثون إلى تكوين بكتيريا تحتوي على جينات الإنترفيرونات البشرية.

وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التي يتكون محتواها الجيني من RNA ، مثل فيروس الإنفلونزا وشلل الأطفال).

تتكون الإنترفيرونات داخل جسم الإنسان ، وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس ، وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس.

كان الإنترفيرون المستخدم في الطب حتى عام 1970 م يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية ، ولذا كان نادر الوجود ومرتفع الثمن.

وفي الثمانينات تمكن الباحثون في مصانع الأدوية من إدخال 15 جيناً بشرياً للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية ، وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً.

ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة في علاج بعض الأمراض الفيروسية (كبعض أنواع السرطان) إلا أن الدراسات المبدئية لإستخدام الإنترفيرون في علاج السرطان كانت مخيبة للآمال ، وذلك قد يزي إلى مشاكل تقنية ، قد يمكن التغلب عليها فيما بعد.

(2) **في مجال الزراعة** :

1. قد يتمكن الباحثون الزراعيون في القريب العاجل من **إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة** في نباتات المحاصيل.

2. هناك جهوداً كبيرة تبذل الآن في **محاولة عزل ونقل الجينات** الموجودة في النباتات البقولية (والتي تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوي في جذورها).

وإذا أمكن **زرع تلك الجينات في نباتات محاصيل آخرى** لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الإستغناء عن إضافة **الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة** ، والتي تُسهم بقدر كبير في تلويث الماء في المناطق الزراعية.

(3) **في مجال التجارب والأبحاث** :

1. تمكن بعض الباحثين من زرع **جين من سلالة من ذبابة الفاكهة** في جنين سلالة آخرى. وقد تم زرع هذا الجين في خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية ، وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذي أضفى على الأجيال الناتجة عن تزاوج هذه الأفراد صفة لون الياقوت الأحمر للعين بدلاً من اللون البني.

2. قام فريق آخر من الباحثين بإدخال **جين هرمون نمو** ، من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان ، إلى فئران من النوع الصغير ، حيث نمت هذه إلى ضعف حجمها الطبيعي ، بالإضافة إلى أن هذه الصفة انتقلت إلى نتائجها (الأجيال التالية) من الفئران.

(ج) **بعض مخاطر DNA معاد الإتحاد** :

وعلى الجانب الآخر فإن هناك العديد ممن يعتريهم القلق مما قد يحدث في حالة حدوث حادث مفاجئ !! فلو فرضنا مثلاً أن سلالة بكتيرية بها جين لإنتاج مادة سامة خطرة قد تم إطلاقها في العالم ، فماذا سيحدث ؟!

يرى بعض الناس أن احتمال حدوث ذلك ضئيل جداً.

حيث أن نوع البكتيريا المستخدمة في تجارب DNA معاد الإتحاد هى E.Coli التي تعيش في أمعاء الإنسان إلا أن السلالات المستخدمة حالياً في التجارب المعملية لم تعش داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال ، وقد تغيرت هذه البكتيريا بحيث أصبحت غير قادرة على الحياة إلا في منازلها من أنابيب الإختبار.

(5) الجينوم البشري

(أ) **<u>التعريف</u>** : المجموعة الكاملة للجينات الموجودة على كروموسومات الخلية البشرية.

(ب) **<u>تاريخ الإكتشاف والتطور</u>** :

(1) **في الخمسينيات من القرن الماضي** كان أفضل اكتشاف بيولوجي هو إثبات واطسون وكريك عام 1953 م أن الجينات عبارة عن **لولب مزدوج من الحمض النووي DNA**.

(2) بدأ العلماء بعدها في البحث عن **الجينات** وتوالت الإكتشافات ، وظهرت **فكرة الجينوم** ، **<u>ومن أهم الإكتشافات ما يلي</u>** :

1. في عام 1980 م كان عدد الجينات البشرية التي تعرف عليها العلماء حوالي 450 جيناً.

2. في منتصف الثمانينات تضاعف العدد ثلاث مرات ليصل إلى 1500 جين ، بعض هذه الجينات كانت المسببة لزيادة الكوليسترول في الدم (أحد أسباب مرض القلب) ، وبعضها يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.

(3) **<u>المحتوى الجيني للإنسان</u>** :

1. توصل العلماء إلى أن هناك ما بين 60 – 80 ألف جين في الإنسان موجودة على ثلاثة وعشرين زوجاً من الكروموسومات ، وتعرف المجموعة الكاملة للجينات باسم الجينوم البشري ، وقد تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

2. تُرتب الكروموسومات حسب حجمها من رقم (1) إلى رقم (23) ، ولا يخضع الكروموسوم X لهذا الترتيب.

3. **<u>الكروموسوم X</u>** : يلي الكروموسوم السابع في الحجم ، لكنه يُرتب في نهاية الكروموسومات ، ويحمل الرقم (23).

**** أمثلة لموضع الجينات (التي تم تحديدها) على الكروموسومات في الإنسان :**

الجين	موضعه
جين البصمة	الكروموسوم الثامن
جينات فصائل الدم	الكروموسوم التاسع
الجين المسئول عن تكوين الإنسولين	الكروموسوم الحادي عشر
الجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين	
جين عمى الألوان	الكروموسوم X
جين الهيموفيليا (سيولة الدم)	

(4) وبإستمرار البحث في الجينوم البشري ومعرفة تركيبه ، سنتمكن من تحديد هوية كل من الجينات التي تصنع الإنسان.

(ج) **<u>الإستخدامات</u>** (**الأهمية البيولوجية**) :

1. معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة.

2. معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

3. الإستفادة من الجينوم البشري في المستقبل في مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

4. دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشري بغيره من جينات الكائنات الحية الآخرى.

5. تحسين النسل من خلال تعرف الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

6. تحديد خصائص وصفات أي إنسان يعيش على الأرض بدقة من خلال فحص خلية جسدية (مثل شعر رأسه) أو حيوان منوي منه ، وبالتالي يمكن من خلال الجينوم البشري أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح الوجه.